

Министерство высшего и среднего специального образования

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище имени Н. Э. Баумана

Е. М. РОДИОНОВ, К. Ф. СКВОРЦОВ, В. В. ХОЛЕВИН

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПО КУРСУ
«ТЕХНОЛОГИЯ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ
И ПРОИЗВОДСТВА ЭВА»

Раздел «Проектирование операций и оснастки
для изготовления деталей литьем»

Данные методические указания издаются в соответствии с учебным планом. Рассмотрены и одобрены кафедрой П-8 02.12.85 г., методической комиссией факультета П 18.12.85 г. и учебно-методическим управлением 27.06.86 г.

Рецензент к.т.н. доц. Соколов Е.А.

© Московское высшее техническое училище им. Н.Э.Баумана

Оглавление

1. Характеристика способа литья под давлением	3
2. Особенности конструирования литых деталей	4
3. Выбор машины для литья под давлением	23
4. Проектирование пресс-форм для ЛПД	28
Литература	34

Редактор Г.Ф.Хлебниная

Корректор Л.И.Малютина

Заказ 236. Объем 2,25 п.л. (2 уч.-изд.л.) Тираж 300 экз.
Бесплатно. Подписано в печать 10.02.87 г. План 1986 г., № 67.

Типография МВТУ. 107005, Москва, Б-5, 2-я Бауманская, 5.

І. ХАРАКТЕРИСТИКА СПОСОБА ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Литье под давлением (ЛПД) является наиболее производительным способом изготовления тонкостенных деталей сложной формы из цинковых, алюминиевых, магниевых и медных сплавов. Процесс ЛПД заключается в том, что расплавленный металл, залитый в камеру прессования машины, перемещается под действием поршня и через литниковые каналы заполняет с высокой скоростью полость пресс-формы, затвердевает под давлением и образует отливку. При раскрытии формы отливка удаляется.

ЛПД позволяет решить одну из важнейших задач литейного производства: максимально приблизить размеры отливки к размерам готовой детали. Отливки, полученные в металлических формах, имеют чистую и гладкую поверхность (что значительно сокращает механическую обработку деталей), мелкозернистую структуру и высокие механические свойства. ЛПД может быть применено для соединения нескольких деталей или получения отливок с арматурой из других металлов.

Экономически выгодным также является то, что в одной пресс-форме можно изготовить в короткий срок большое количество отливок. Высокая производительность этого способа литья и минимальные припуски снижают себестоимость производства как в литейном, так и механических цехах.

ЛПД имеет и некоторые недостатки, например наличие в отливках мелких газовых раковин (пористости), так как находящийся в полости пресс-формы газ не успевает полностью выходить наружу и смешивается с расплавом. Из-за пористости отливки нельзя закаливать, так как при нагреве появляются вздутия. Кроме того, возможно вскрытие пористости при последующей механической обработке отливки. Трудно, а иногда невозможно отлить этим способом детали с поднутрением.

Высокая стоимость оборудования и пресс-форм делает не всегда выгодным производству небольших партий отливок, поэтому ЛПД широко распространено в серийном и массовом производстве; в условиях мелкосерийного производства отливок ограниченной сложности применение литья под давлением целесообразно при объеме выпуска не менее 400 деталей в год.

Сплавы для ЛПД должны обладать достаточной прочностью при высоких температурах, чтобы отливка не ломалась при выталкивании, минимальной усадкой, высокой жидкотекучестью при небольшом

перегреве и небольшим интервалом температур кристаллизации. Наиболее распространены цинковые сплавы ЦАМ и ЦАМ4-I; алюминевые АЛ2, АЛ4, АЛ9, АЛ11, АЛ28, АЛ32; магниевые МЛ5 и МЛ6; латуни ЛС59-1Д и ЛК60-3Л. Химический состав и механические свойства литейных сплавов см. в [1, с. 28-45].

Точность размеров отливок зависит от точности изготовления пресс-форм. Допуски на характерные размеры отливок приведены далее в табл. 5.

Шероховатость поверхности отливок зависит от качества обработки пресс-форм. Полированные поверхности пресс-форм обеспечивают шероховатость $R_a = 1,25 \dots 0,63$ мкм, а для цинкового литья $R_a = 0,63 \dots 0,32$ мкм. Следует учитывать, что с увеличением числа заливок рабочие поверхности пресс-форм изнашиваются и качество отливок ухудшается (табл. 1).

2. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ

Создавая чертеж литой детали [1], необходимо прежде всего определить оптимальную плоскость разреза будущей пресс-формы и возможность формирования отверстий с помощью неподвижных или подвижных стержней. После выбора плоскости разреза в чертеже отливки указываются: внешние и внутренние уклоны; поверхности, требующие последующей механической обработки; допуски на размеры; участки поверхности, которые не должны иметь следов от выталкивателей, а также следов течения металла; требования по герметичности и способы ее контроля; виды защитных или декоративных покрытий; участки, на которых не допускается пористость; дополнительные требования (для отливок, эксплуатируемых в необычных условиях); марка сплава, ГОСТ или ТУ на сплав и масса отливки.

При конструировании литой детали необходимо стремиться к одной плоскости разреза. При этом для обеспечения выталкивания отливка должна располагаться в подвижной полуформе и не должна иметь поднутрений, препятствующих удалению ее из пресс-формы. Возможность создания одной плоскости разреза определяется по правилу световых теней, по которому теневые участки при воображаемом освещении детали параллельными лучами в направлении, перпендикулярном плоскости разреза, должны отсутствовать (рис. 1). Следует по возможности создавать прямые линии, прямые углы и достаточно округленные кромки. Выемки и отверстия следует располагать перпендикулярно плоскости разреза.

Зависимость параметров шероховатости отливков от числа заливок в пресс-форму

Число заливок	Сплавы				Медно-цинковые
	Цинковые	Алюминиевые	Магниевые	R_z (мкм)	
	Шероховатость				
100	0,63...0,32	1,25...0,32	1,25...0,32	2,5...0,63	2,5...0,63
1000	1,25...0,32	2,5...0,63	1,25...0,63	1,25...0,63	20...1,25
10000	2,5...0,63	20...1,25	20...0,63	20...0,63	80...20
25000	20...1,25	40...10	40...1,25	40...1,25	160...40
50000	20...1,25	80...20	80...10	80...10	-
100000	20...10	160...40	80...40	80...40	-

Нетехнологично

Технологично

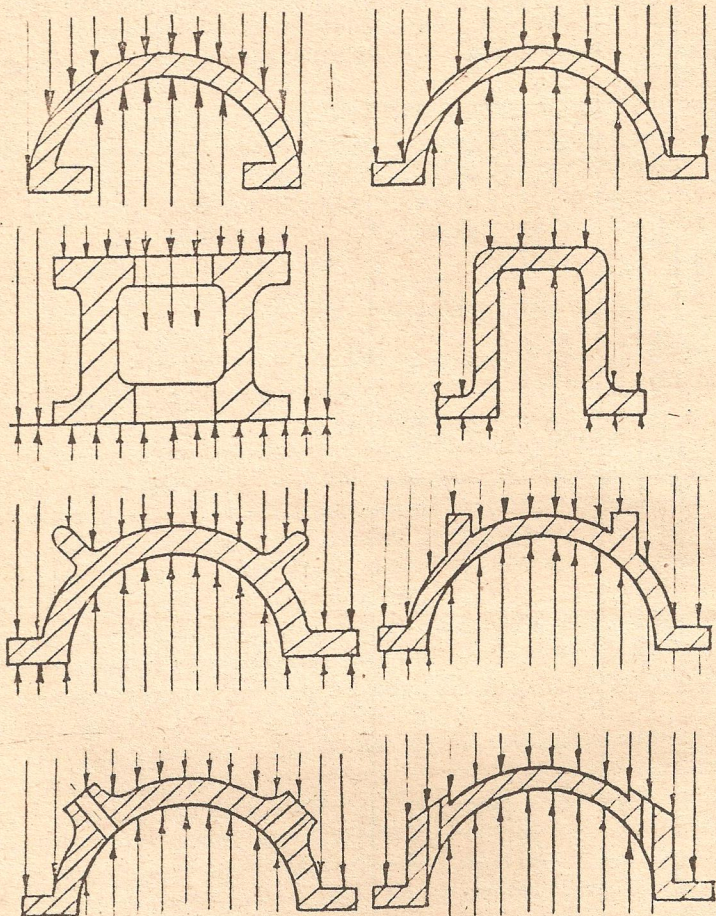
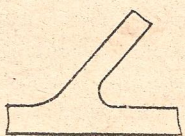
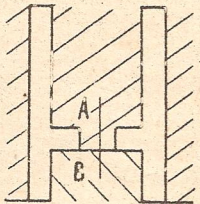
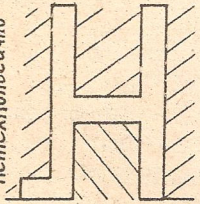
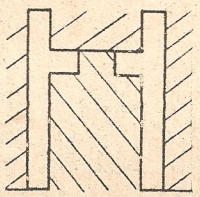
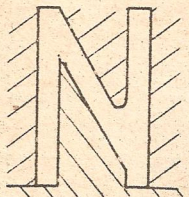


Рис. I

Нетехнологично



Технологично

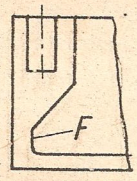
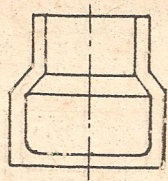
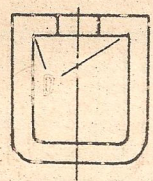


а)

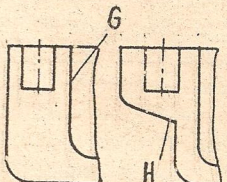
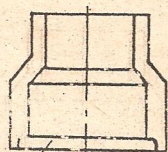
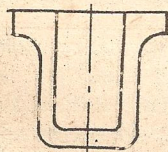
б)

в)

Нетехнологично



Технологично



г)

д)

е)

Рис. 2

Если отливка располагается в обеих полуформах, то для уменьшения усадочных напряжений в литой детали внутренние стенки следует выполнять наклонными (рис. 2а). Отливка, расположенная в неподвижной *A* и подвижной *B* полуформах, должна иметь наибольшую поверхность стержня в подвижной полуформе (рис. 2б). Боковое поднутрение *C* препятствует свободному удалению отливки из пресс-формы и должно образовываться боковым стержнем или подвижной щекой (рис. 2в); устранение этого поднутрения позволяет удалить отливку в направлении, перпендикулярном плоскости разъема. Внутренние крепежные фланцы (рис. 2г) с поднутрениями *D* необходимо вынести наружу в плоскость разъема, обеспечив этим свободный выход центрального стержня из полости отливки. Если конфигурация внутренней полости детали с поднутрением (рис. 2д) не может быть изменена, то технологичная конструкция отливки должна предусматривать выемку *E* под фланец, заменяющий дно. Поднутрение *F*, образованное утолщением под крепежное отверстие (рис. 2е), можно заменить равномерным утолщением *G* (в этом случае неизбежна газовая и усадочная пористость, которая должна быть оговорена в технических требованиях чертежа детали) или, что лучше, выведением утолщения *H* на внешнюю сторону отливки с целью сохранения ее равностенности.

Получение сложных деталей ЛПД с несколькими плоскостями разъема целесообразно и обосновано только в массовом производстве.

Следует стремиться, чтобы число стержней в пресс-форме было минимальным. Подвижные стержни, оформляющие отверстия в отливках или углубления и расположенные в плоскости разъема или наклонно к ней, вызывают увеличение допусков на размеры и бывают причиной брака отливок по геометрии.

Прямая плоскость разъема наиболее предпочтительна, рациональна и удобна во всех отношениях при эксплуатации. Чем проще конфигурация детали, тем проще пресс-форма, тем больше вариантов расположения отливки в пресс-форме, больше возможностей для выбора оптимальных литниково-питающей и вентиляционной систем, обеспечивающих качество отливок. На рис. 3 даны варианты плоскости разъема для отливки П-образной колодки, в которых меняются уклоны на внешних поверхностях отливки и ее размерная точность.

Толщина стенок. К главным конструктивным факторам, определяющим толщину стенок, относятся масса отливки, жесткость конструкции и требования по прочности.

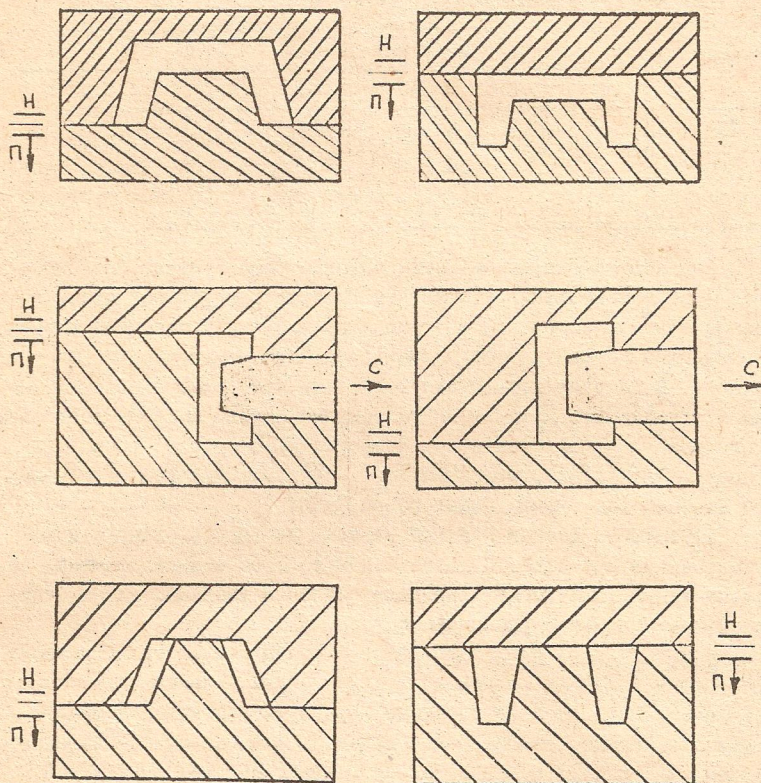


Рис. 3

Технологическим фактором, влияющим на толщину стенки отливки, является вид затвердевания - одновременное или направленное. Основные условия одновременного затвердевания - равенственность и тонкостенность конструкции, которые предполагают, что стенки во всех местах имеют одинаковую и наименьшую толщину. Минимально допустимая толщина стенок зависит от вида сплава и площади поверхности отливки (табл. 2).

Таблица 2

Минимально допустимая толщина стенки отливки, мм

Сплавы	Внешняя поверхность отливки, см ²			
	До 25	Св.25 до 100	Св.100 до 250	Св.250 до 500
Al	1,0	1,2	1,5	2,5
Zn	0,5	0,8	1,0	1,5
Mg	1,0	1,5	2,0	2,5

При ЛПД направленное затвердевание реализуется, если имеются особые требования к отливке, поэтому следует создавать равностенные конструкции с минимально возможной толщиной стенки, позволяющие избавиться от концентрированных усадочных и газовых раковин. В деталях должны отсутствовать массивные скопления металла, отделенные друг от друга тонкими перегородками, поскольку в них неизбежна газоусадочная пористость. На рис. 4 приведены примеры ликвидации утолщенных мест, образующихся при сочленении или пересечении стенок литых конструкций.

От толщины стенки отливки зависят плотность отливки и ее механические свойства. С увеличением толщины стенки отливок, полученных ЛПД, плотность и предел прочности уменьшаются, а относительное удлинение увеличивается.

Переходы и радиусы закруглений. Чтобы исключить возникновение трещин в местах сочленения разностенных сечений, необходимо предусматривать плавные переходы и радиусы закруглений между этими элементами. Конфигурация перехода зависит от соотношения толщин (d_1^* и d_2^*) сопрягаемых элементов. При незначительной разнице в их толщинах, когда $d_1^*/d_2^* \leq 2$, переходы и радиусы закруглений рекомендуется осуществлять по радиусу (рис. 5а)

$$R = (1/4 \dots 1/5)(d_1^* + d_2^*) \quad R \geq 1 \text{ мм.}$$

Если $d_1^*/d_2^* > 2$, то следует применять так называемые клиновое сопряжения (рис. 5б), в которых $l \geq 5K$. Так как $K = d_1^* - d_2^*$, то $l \geq 5(d_1^* - d_2^*)$.

При перпендикулярном соединении стенок и отношении $d_1^*/d_2^* \leq 1,75$ (рис. 5в) возможно сопряжение по радиусу

$$R = (d_1^* + d_2^*)/4.$$

При соотношении $d_1^*/d_2^* > 1,75$ рекомендуется клиновое сопряжение, которое в зависимости от конструктивных требований вы-

10

полняется с утолщением на тонкой (рис. 5г) или на толстой стенке (рис. 5д). При клиновом сопряжении перпендикулярных стенок $K=3\sqrt{\delta_1\delta_2}$ или $K=(\delta_1+\delta_2)/2$, а $l \geq 4$.

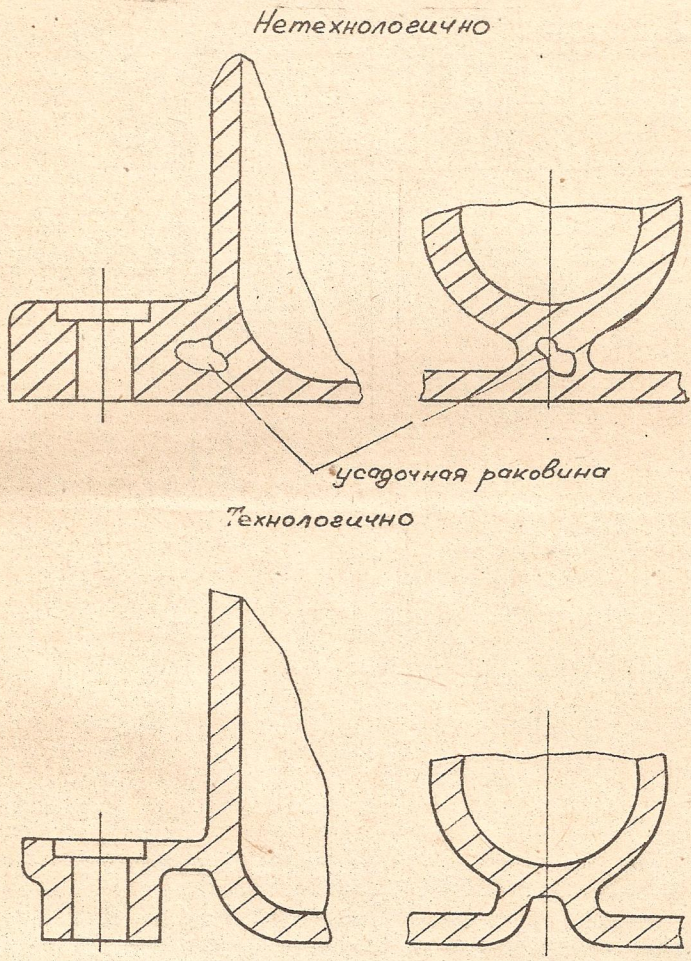


Рис. 4

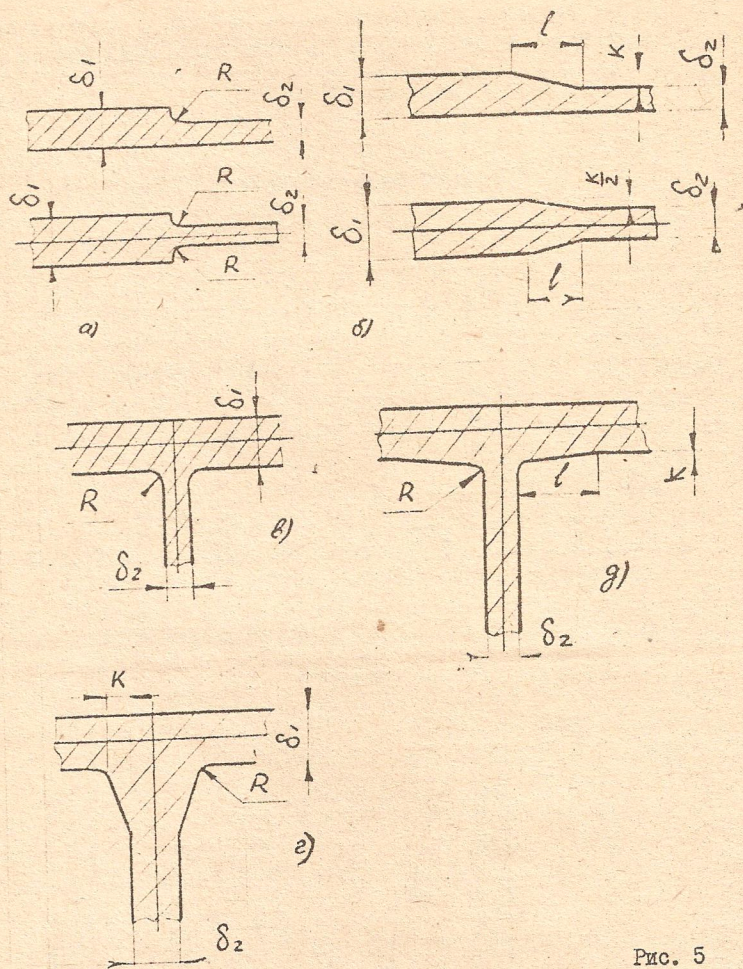


Рис. 5

Радиус внутренних закрулений должен быть не менее 1 мм, но не превышать толщину сопрягаемых стенок.

Принцип скругления переходов и углов не относится к поверхностям, которые пересекают плоскость разреза, где все грани должны оставаться прямоугольными и острыми (рис. 6). Эти грани могут быть скруглены на готовой отливке после удаления облоя.

Нетехнологично

Технологично

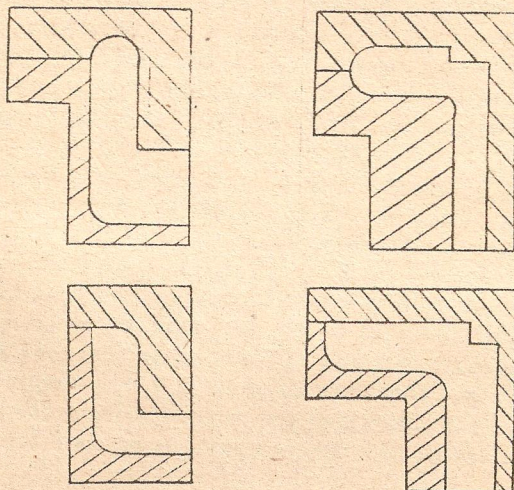


Рис. 6

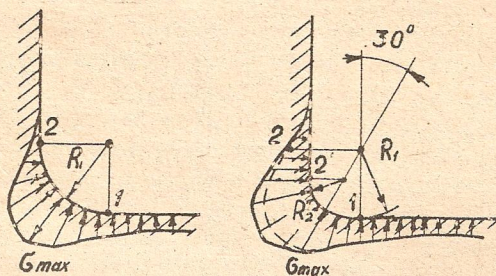
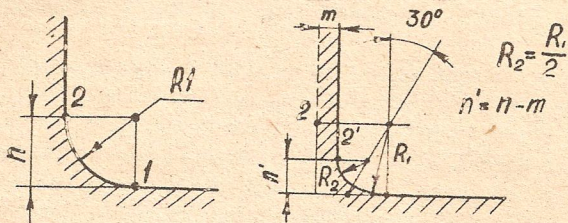


Рис. 7

Внутренний радиус закругления зависит от вида сплава и условий работы деталей. Концентрация напряжений в углах отливок может вызвать холодные и горячие трещины. Холодные трещины возникают чаще всего в отливках, работающих при циклических нагрузках. Для таких отливок радиусы закруглений должны быть не менее $2/3$ толщины стенки отливки. Если увеличение радиуса нежелательно, то необходимо предусмотреть разгрузочный переход с радиусами R_1 и $R_2 = R_1/2$ (рис. 7).

Отверстия и окна в отливках можно выполнять: полностью литьем; частично литьем с последующей механической обработкой; полностью механической обработкой.

Для тонкостенных (от 1,2 до 1,5 мм) отливок небольших серий отверстия диаметром до 3 мм допускается выполнять сверлением.

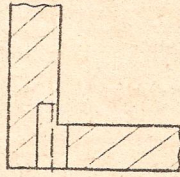
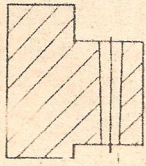
При серийном производстве выгоднее получать литые отверстия. В толстостенных отливках из алюминиевых сплавов с толщиной стенки более 1,5 мм отверстия диаметром до 2,0 мм следует выполнять сверлением, так как тонкие протяженные стержни быстро выходят из строя, а замена их в пресс-форме требует длительного времени.

При сверлении отверстий в литых деталях возможно вскрытие газоусадочной пористости, поэтому ее наличие на механически обрабатываемых поверхностях должно быть заранее оговорено требованиями чертежа.

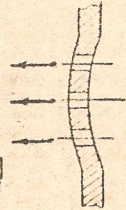
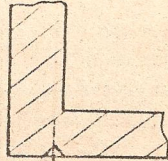
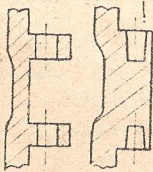
Отверстия больших диаметров следует выполнять сразу литьем, за исключением тех случаев, когда несколько отверстий близко расположены друг к другу (на расстоянии менее 5 мм) и суммарное усилие охвата металлом стержней чрезмерно велико или когда расстояние между отверстиями должно быть настолько точным, что колебания усадки металла и температурного расширения пресс-формы не обеспечивают требуемых допусков. В табл. 3 приведены рекомендуемые значения минимальных литых отверстий в отливках.

На рис. 8 приведены примеры конструирования литых отверстий. Применение длинных тонких стержней (рис. 8а) нерентабельно вследствие их быстрого износа и выхода из строя. Если отверстий несколько, то их следует располагать параллельно друг другу (рис. 8в). Когда литое отверстие трудно выполнить, оно может быть обозначено центром под сверло (рис. 8б). Нельзя допускать пересечения отверстий, требующих пересечения стержней в пресс-форме (рис. 8г). При оформлении больших глухих отверстий дно или конец стержня не должно иметь острых кромок (рис. 8д).

НЕТЕХНОЛОГИЧНО



ТЕХНОЛОГИЧНО

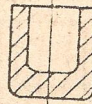
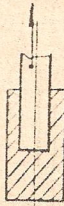
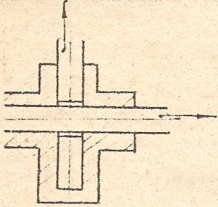


а)

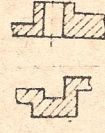
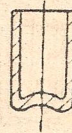
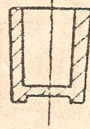
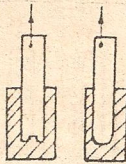
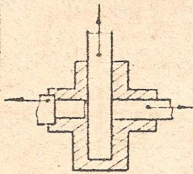
б)

в)

НЕТЕХНОЛОГИЧНО



ТЕХНОЛОГИЧНО



а)

б)

в)

г)

Рис. 8

Допустимые параметры литых отверстий

Сплавы	Минимальный диаметр, мм		Максимальная глубина, выраженная в диаметрах отверстий		Конусность отверстий, % от длины
	рекомендуемый	технологически возможный	глухих	сквозных	
Al	2,5	2,0	3,0	5,0	0,7...1,2
Zn	1,5	1,0	6,0	12,0	0,2...0,5
Mg	3,0	2,5	5,0	10,0	0,3...0,5

Толщина дна глухих отверстий должна быть минимальной, чтобы максимально исключить действие усадки металла на стержень (рис. 8е). Чтобы устранить локальные утолщения, рекомендуется выполнять в литых деталях технологические отверстия или окна (рис. 8ж). Отверстия и окна в литых деталях по возможности должны быть сквозными. Это позволяет оформить их в отливках с двух сторон, что исключает искривление стержней и, следовательно, смещение центров отверстий.

Ребра жесткости. Для сохранения конструктивной прочности тонкостенных деталей (с толщиной стенки 1,2...1,5 мм) применяют ребра жесткости. Рациональным является распределение стыков ребер в шахматном порядке, позволяющее избежать скопления металла на пересечении нескольких профилей. Ребра должны иметь уклоны, по возможности равномерную толщину, закругленные внешние и внутренние края. Толщину ребер необходимо максимально приближать к толщине стенки литой детали. Рекомендуется следующее соотношение (рис. 9): $d_p = (0,8...0,9) d_{отл}$, где $d_p = \frac{1}{2} (d_1 + d_2)$ - средняя толщина ребра; $d_{отл}$ - средняя толщина стенки отливки.

Высота ребра зависит от конфигурации детали. Не рекомендуется $S > 7d_{отл}$, где S - высота ребра и $d_{отл}$ - толщина стенки отливки. Внутренние радиусы R необходимо назначать так же, как при пересечении стенок литой детали. Радиус скругления r внешних кромок должен быть не менее 0,8 мм. Высота ребер жесткости цилиндрических деталей (рис. 10) должна удовлетворять условию $h \geq 4\ell$, где h - высота ребра; ℓ - длина основания ребра.

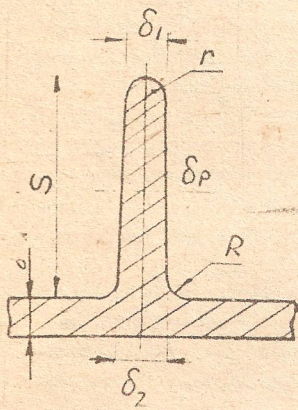


Рис. 9

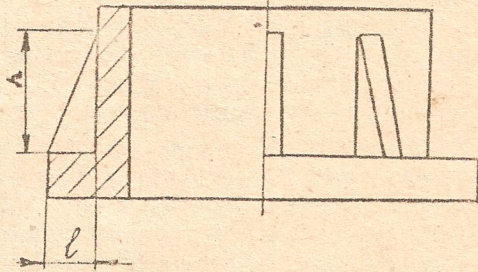
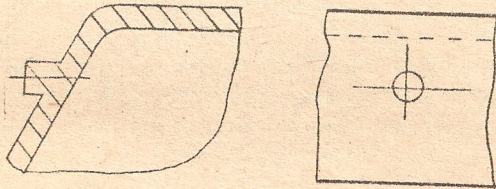


Рис. 10

Нетехнологично



Технологично

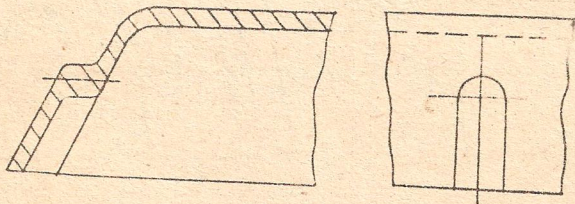


Рис. 11

При оформлении кромок отливок необходимо предусматривать опорные поверхности, не подверженные короблению.

Бобышки и выступы. При конструировании литой детали бобышки, перпендикулярные плоскости разреза, необходимо продлить до нее или располагать на наружной стороне стенки, избегая поднутрений. Если оси бобышек в детали расположены параллельно плоскости разреза, необходимо несколько изменить конфигурацию литой детали, чтобы упростить конструкцию пресс-формы и обеспечить получение качественной детали (рис. 11). Близко расположенные бобышки нужно соединять технологическими ребрами (рис. 12а). Следует стремиться к устранению скопления металла в выступах и бобышках (рис. 12б).

Литейные уклоны и конусность предусматриваются на наружных и внутренних поверхностях, перпендикулярных плоскости разреза. На внутренних поверхностях, оформляемых стержнями, уклоны должны быть увеличены по сравнению с уклонами на наружных поверхностях.

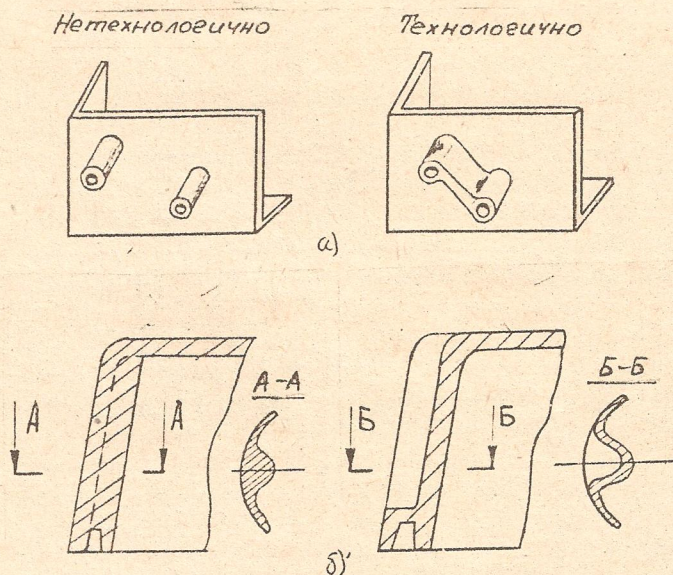


Рис. 12

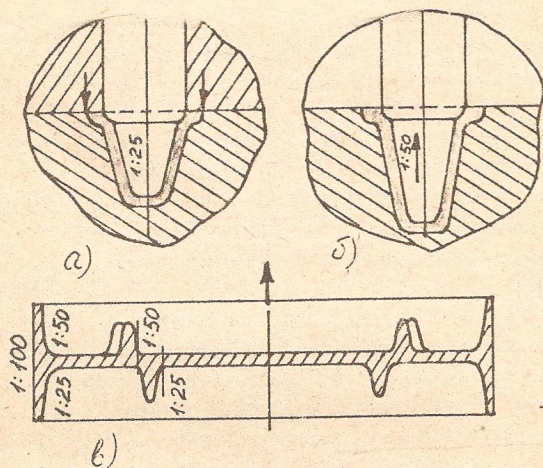


Рис. 13

Для внутренних поверхностей, образуемых неподвижными стержнями, у отливок, извлекаемых при помощи выталкивателей, необходим больший уклон (рис. 13а), чем при использовании подвижных стержней (рис. 13б). Для отливок, имеющих горизонтальные перегородки (рис. 13в), напряжения усадки не должны превышать прочности отливки в горячем состоянии. Для тех частей отливки, которые располагаются в неподвижной полуформе, рекомендуется больший уклон, чем для частей, оформляемых в подвижной полуформе.

Литейные уклоны или конусности для отливок из алюминиевых сплавов не должны быть меньше допускаемых (табл. 4).

Таблица 4

Минимальные уклоны поверхностей отливок

Сплавы	ПОВЕРХНОСТИ			
	Посадочные		Прочие	
	Наружные	Внутренние	Наружные	Внутренние
Al	30°	1°	1°	1°30'
Zn	15°	35°	15°	30°
Mg	15°	35°	30°	1°

Армирование литых деталей вкладышами из материалов, отличающихся по своим свойствам от литейного сплава, выполняется с учетом следующих условий:

- а) гладкие вкладыши не имеют надежного сцепления с заливаемым металлом, необходимо предусматривать в них уступы и углубления (выточки, накатку, шлицы, подрезы и т.д.);
- б) во избежание усадочных трещин толщина слоя металла вокруг вкладышей должна быть, как правило, не менее 2,5 мм;
- в) в тех случаях, когда вкладыш имеет форму охватывающего обода, его внутренняя поверхность должна иметь поднутрение;
- г) должна быть обеспечена легкость, надежность и точность установки вкладышей в пресс-форму;
- д) для устранения возможности образования значительного облоя посадочная, т.е. сопрягаемая с гнездом пресс-формы часть вкладыша, должна изготавливаться с достаточно высокой точностью;
- е) не следует предусматривать в одной отливке более 3...4 вкладышей, если нет возможности устанавливать их в пресс-форму одновременно;
- ж) толщина стенок вкладышей должна быть не менее 2,5...3 мм;
- з) допуски на размеры вкладышей и их координаты следует назначать с учетом неизбежного смещения и износа отдельных частей пресс-формы;
- и) при армировании отливок необходимо учитывать пониженную коррозионную стойкость соединения; это относится в первую очередь к деталям, работающим в агрессивных средах, повышенной влажности и т.п.

Точность размеров отливок. При конструировании деталей, которые будут изготавливаться ЛПД, необходимо назначать самые грубые классы точности, допустимые по условиям работы изделия.

Допуски на размеры отливок следует устанавливать с учетом следующих факторов: возможной точности изготовления оформляющей полости пресс-формы, обеспечиваемой инструментальным производством; количества изготавливаемых отливок, что влияет на износ поверхностей оформляющей полости; колебаний усадки сплава; точности перемещения и сопряжения подвижных частей пресс-формы; жесткости конструкции детали и возможности деформации отливки при ее извлечении из пресс-формы.

Наибольшую точность размеров литой детали можно получить, когда поверхности отливки, ограниченные этими размерами, выполняются в одной полуформе. Если поверхности отливки оформлять

подвижными боковыми стержнями или в подвижной и неподвижной полуформах, то точность размеров литой детали снижается.

В процессе выталкивания отливки может наблюдаться ее коробление, вызываемое неравномерной усадкой разных частей отливки или недостаточной жесткостью опор для ее выталкивания. Деформация литых деталей при их удалении из пресс-формы предотвращается литейными уклонами, конусностью.

Все размеры отливок разбиваются на три группы размеров, оформляемых: в одной полуформе; в подвижной и неподвижной полуформах; подвижными сменными деталями пресс-форм.

По конструктивным признакам размеры отливок делятся на пять групп: охватываемые, охватывающие, открытые, радиусы и фаски, расстояния между осями.

Допуски δ на линейные размеры, оформляемые в одной части пресс-формы, устанавливаются по табл. 5.

Таблица 5

Допуск на размеры элементов отливок, оформляемых в одной части пресс-формы, мм

Размер отливки, мм	Сплавы					
	Цинковые		Алюминиевые и магниевые		Латунь	
1...2	0,05	0,43	0,09	0,45	0,2	0,58
3...6	0,06	0,43	0,10	0,45	0,22	0,61
6...10	0,7	0,44	0,11	0,49	0,25	0,62
10...18	0,8	0,46	1,3	0,49	0,30	0,67
18...30	0,11	0,48	0,16	0,53	0,37	0,75
30...50	0,15	0,53	0,20	0,59	0,48	0,87
50...80	0,21	0,59	0,28	0,68	0,67	1,0
80...120	0,29	0,67	0,38	0,81	0,91	1,3
120...180	0,40	0,80	0,54	1,00	1,27	1,7
180...260	0,57	0,96	0,74	1,24	1,76	2,15
260...360	0,77	1,17	0,98	1,55	2,36	2,76
360...500	1,05	1,46	1,34	1,99	3,21	3,62

Примечание. Для каждого сплава левая колонка цифр - сопрягаемые размеры отливки, правая - не имеющие указаний о допусках.

Дополнительные допуски на размеры элементов оливок, оформляемых в двух частях пресс-формы σ_1^* и подвижными стержнями σ_2^* , мм

$\Sigma F_{ст1}, \text{см}^2$	σ_1^*				σ_2^*			
	СИЛАЗЫ							
	Цинковые	Алюминиевые и магниевые	Латунь	Цинковые	Алюминиевые и магниевые	Латунь	Цинковые	Алюминиевые и магниевые
6-8	0,06	0,07	0,09	0,11	0,15	0,18	0,26	0,15
18-50	0,09	0,11	0,15	0,18	0,24	0,27	0,48	0,23
50-100	0,12	0,18	0,24	0,24	0,33	0,35	0,8	0,35
100-150	0,16	0,24	0,33	0,35	0,41	0,43	I, I	0,45
150-200	0,19	0,30	0,41	0,30	0,48	0,49	-	0,54
200-250	0,22	0,35	0,48	0,35	0,54	0,54	-	0,62
250-300	0,25	0,39	0,54	0,39	0,61	0,58	-	0,68
300-350	0,28	0,44	0,61	0,44	0,66	0,62	-	0,72
350-400	0,30	0,47	0,66	0,47	0,75	0,66	-	0,76
400-500	0,34	0,52	0,75	0,52	0,82	0,66	-	0,78
500-600	0,38	0,55	0,82	0,55	-	-	-	-
600-740	0,42	0,57	-	0,57	-	-	-	-

Размеры элементов отливок, оформляемые в двух частях пресс-формы, имеют дополнительное рассеяние из-за образования облоя, который зависит от усилия, размыкающего пресс-форму, определяемого площадью проекции отливок в плоскости разъема $\Sigma F_{отл}$. Допуск на эти размеры равен $\delta^* + \delta'_*$, где δ'_* - дополнительный допуск, определяемый по табл. 6.

Применение подвижных стержней также увеличивает поле рассеяния размеров отливок, зависящее от площади оформляющей части стержня $F_{ст}$. Поэтому допуск на размеры, оформляемые подвижным стержнем, равен $\delta^* + \delta'_{ст}$. Значение $\delta'_{ст}$ находится по табл. 6.

3. ВЫБОР МАШИНЫ ДЛЯ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Машины для литья под давлением делятся на два типа: компрессорные и поршневые гидравлические. Компрессорные машины, в которых расплав подается в пресс-форму под давлением сжатого воздуха (газа), применяются редко.

Различают поршневые гидравлические машины с горячей и холодной камерой прессования. Машины с горячей камерой прессования модели 5А22 (СССР), фирм "Фреш" (ФРГ) и "Идра" (Италия) и другие используют главным образом для литья сплавов с низкой температурой заливки на основе цинка, олова, свинца.

К основным преимуществам машин с горячей камерой прессования относятся: небольшие потери сплава при изготовлении отливок, стабильность технологических параметров и хорошая заполняемость пресс-формы расплавом. Машины с горячей камерой прессования улучшают условия труда, так как работают обычно в полуавтоматическом и автоматическом режимах, обеспечивая, например, при усилии запирания 600 кН 500 циклов в час и более. К основным недостаткам машин этого типа относятся: быстрое изнашивание поршня, находящегося в расплаве, повышенная пористость и нестабильная шероховатость поверхности отливки. Такой тип машин не применяют при литье сплавов, растворяющих железо, и сплавов с температурой плавления выше 500°C.

Наибольшее распространение в промышленности получили машины с холодной камерой прессования, не имеющие плавильного агрегата. Камера прессования не окружена расплавом и, следовательно, нагревается значительно меньше, что позволяет создавать большие давления на расплав и получать плотные отливки высокого качества из различных цветных сплавов: цинковых, алюминиевых, магниевых,

медных. Недостаток машин этого типа в том, что расплав приходится заливать вручную, что снижает производительность.

Холодные камеры прессования имеют две разновидности: вертикальную и горизонтальную. Больше распространены машины с горизонтальной камерой, основные преимущества которых состоят в следующем: сокращение пути расплава от камеры до отливки; возможность применения более высоких давлений; надежное запираение пресс-формы за счет рычажного механизма; отсутствие специального механизма для удаления литникового остатка, который выбрасывается прессующим плунжером после открытия пресс-формы; возможность работать в полуавтоматическом режиме; наличие водяного охлаждения рабочей жидкости прессующего плунжера и подвижной плиты, что позволяет вести работу в высоком темпе.

Основные характеристики машин ЛПД приведены в табл. 7, 8, 9.

Таблица 7

Технические характеристики машин с горячей камерой прессования

Параметры	Марки машин				
	"Бюлер А40Д"	Мод. 71305	"Идра 0-60"	I60/IOB2	"Бюлер Z-250д"
I	2	3	4	5	6
Внутренние диаметры стаканов прессования, мм	40,45, 50,55	-	-	60,70,80	50,60,70, 80,85
Наибольшая масса металла в камере прессования, кг, для сплавов на основе:					
Al	0,5	-	1,2	-	-
Zn	1,3	1,8	-	3,5	4,5
Cu	1,6	-	-	-	-
Усилие заклипания, кН	400	630	600	1600	2500
Производительность, циклов/ч	500	500	500	400	250
Усилие прессования, кН	40,0	53,0	55,0	98,0	100

Продолжение табл. 7

I	2	3	4	5	6
Наибольшая допустимая поверхность отливки, см ² , для сплавов на основе: Al, Mg Zn, Cu	237 -	- -	375 -	820 -	- 1430
Наибольшее расстояние между неподвижной и подвижной плитами машин, мм	400	510	400	950	750
Размеры форм при нормальном расположении, мм	270x310	320x320	280x310	430x430	500x550
Наибольший ход подвижного стола, мм	240	250	250	250	500

Таб. да 8

Технические характеристики основных моделей машин литья под давлением

Параметры	Марки машин				
	Модели			"Полак"	
	5II	200/30	250/36-2	900	2255
I	2	3	4	5	6
Внутренние диаметры стаканов прессования, мм	40,60	60,70, 80,90, 100, 120	80,70, 100,90, 110, 120	60,80, 100	120,140, 160
Наибольшая масса металла, кг, в камере прессования для сплавов на основе:					
Al	0,8	4,07	4,03	-,8	8
Zn	-	7,05	12,1	-	-
Cu	1,2	5,5	15,6	4,0	15
Усилие заправки, кН	550	2000	2500	до 1200	до 2200

I	2	3	4	5	6
Производительность, циклов/ч	150	150	130	120	90
Усилие прессования, кН	до 160	300	146...366	55...300	95...550
Наибольшая допустимая поверхность отливки, см ² , для сплавов на основе: <i>Al, Mg</i> <i>Zn, Cu</i>	200 100	785 300	785 260	400 200	900 400
Наибольшее расстояние между неподвижной и подвижной плитками машин, мм	600	1100	1100	1000	1200
Размеры формы при нормальном расположении, мм	320x320 и 320x450	330x610	535x535	450x450 450x600	600x800 500x800
Наибольший ход подвижного стола, мм	315	450	400	450	470

При выборе машины необходимо учитывать особенности сплава, из которого предполагается изготавливать деталь, назначение детали, размеры и характер отливки. В настоящее время используют мощные литейные машины даже для отливок, не требующих большой мощности. Это позволяет получать более плотные отливки, а если они небольшие, то применять многогнездные пресс-формы.

При выборе машины сначала определяют массу порции расплава, необходимого для заливки в наполнительный стакан. Для этого на чертеже плоскости разреза пресс-формы размещают деталь, назначают литниковую систему и подсчитывают массу детали с литниками и пресс-остатком (ориентировочно). Затем вычисляют объем камеры прессования, выбирают диаметр поршня и степень давления в соответствии с выбранным сплавом по паспорту машины (см. табл. 7, 8, 9). После этого проверяют запирающее усилие пресс-формы, для чего площадь проекции отливок и литниковой системы в плоскости разреза умножают на давление в камере прессования, выбираемое по табл. 10.

Таблица 9

Техническая характеристика машин с холодной горизонтальной камерой прессования

Параметры	Марки машин									
	Модели					"Балер"				
	515M	5165	71107	71107	85/8	160/16-B2	200/22	H-250D	H-400D	
Внутренние диаметры стаканов прессования, мм	40, 50, 65	40, 50, 80	45, 95	36, 80	30, 35, 40	40, 50, 55	40, 45, 50	50, 60, 70	60, 70, 80	
Наибольшая масса металла в камере прессования, кг, для сплавов на основе: <i>Al</i> <i>Zn</i> <i>Sn</i>	1,6 5,5 -	1,6 - 5,5	3,6 - -	2,1 - -	0,9 2,4 2,3	1,9 4 6,9	2,2 6 7,8	3,8 10,8 19	11,5 23,8 30,4	
Усилие зашприца, кН	1500	1600	1600	1600	850	1600	1600	2500	4000	
Производительность циклов	120	240	200	200	200	250	300	250	200	
Усилие прессования, кН	138	150	200	200	85	80...160	160...220	220...350	220...400	
Наибольшая доля стипки по поверхности стипки, см ² , для сплавов на основе: <i>Al</i> , <i>Mg</i> <i>Zn</i> , <i>Sn</i>	315 -	335 -	400 -	400 -	63-176 -	385 -	385 -	665 -	1727 -	
Наибольшее расстояние между неповодной и подвальной пынтами машин, мм	565	850	-	-	755	600	1000	750	750	

Полученное усилие не должно превышать запирающее, в противном случае необходимо выбрать машину с большим запирающим усилием или уменьшить количество гнезд в пресс-форме и провести расчет заново.

Таблица 10
Технологические параметры процесса литья под давлением

Металлы или сплавы	Температура, °С			Давление прессования, $\times 10^5$ Па	
	сплава	пресс-формы при толщине стенок отливок, мм			
		1,2...1,5	2...3		5...8
Свинец	265...300	120...150	-	200...350	
Олово	280...350	120...150	-	200...350	
Цинк с алюминием	420...440	200...220	175...200	120...150	350...360
Цинк с медью	530...550	200...220	175...200	120...150	350...500
	630...750	250...275	180...200	120...160	
Алюминий с кремнием	600...700	250...275	180...200	120...160	350...850
Алюминий с магнием	650...720	260...285	200...220	140...180	
Магний	660...770	260...285	200...220	140...180	400...700

4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРЕСС-ФОРМ ДЛЯ ЛПД

Конструкции пресс-форм для ЛПД отличаются большим разнообразием, что обусловлено рядом факторов: конструкцией отливок, свойствами литейного сплава, выбранной машиной, характером производства и т.п.

Пресс-формы для серийного производства отличаются от форм для массового производства упрощенной конструкцией. При мелкосерийном производстве вне стержней и выталкивание отливок осуществляют большей частью вручную. Пресс-формы, как правило, одногнездные (можно получить только одну отливку). Для снижения затрат на оснастку в условиях мелкосерийного и опытного производства применяют универсальные блок-формы (УБФ) в виде комплекта крещежных плит с вынесенным наружу выталкивающим механизмом (рис. 14а). В УБФ предусматривается упрощенная система крепежа

плит матриц и пуансонов, позволяющая осуществлять быструю пере-
наладку пресс-форм, иногда без их снятия с машины.

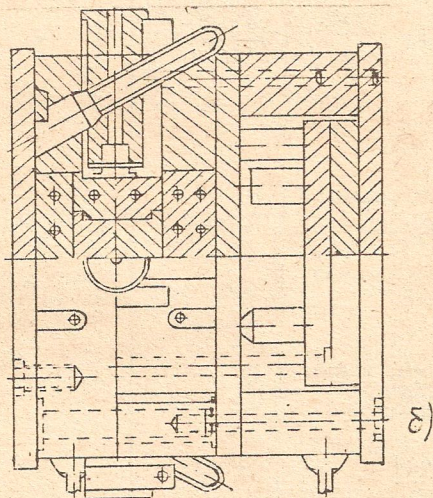
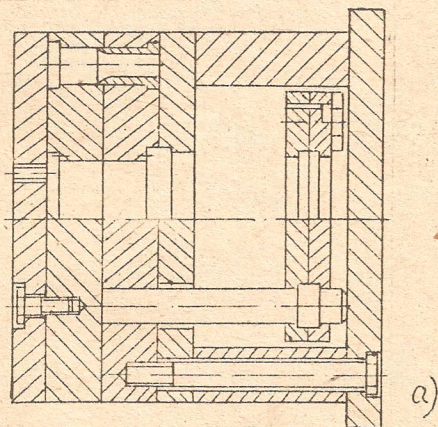


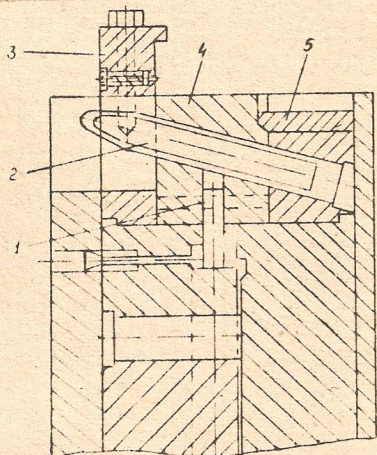
Рис. 14

Таблица II

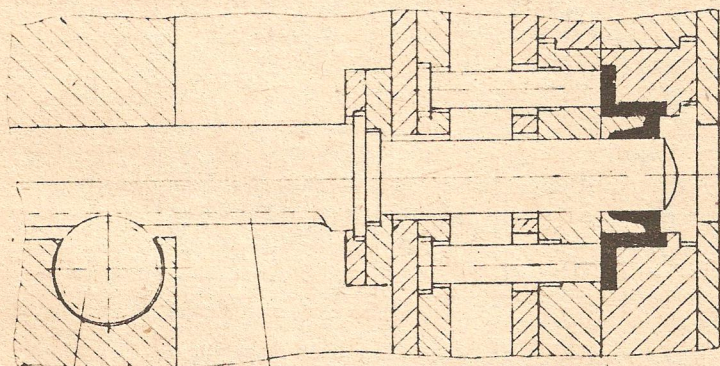
Материалы для деталей пресс-форм

Детали	Марка материала	Твердость (HRC)	
		поверхностей	сердцевин
Матрицы, вкладыши, вставки, щеки и литниковые втулки для цинковых сплавов	5XHM, 40XH2MA, 30ЛТС	58...62	36...46
Стержни, выталкиватели и рассекатели для цинковых сплавов	У10А, 5XHM		48...52
Крупногабаритные стержни сложной конфигурации для цинковых сплавов	5XHM, 40XH2MA	58...62	32...36
Матрицы, вкладыши, вставки и щеки для алюминиевых или магниевых сплавов	3Х2В8Ф, 4Х3М4С	58...62	32...44
Стержни для алюминиевых или магниевых сплавов	3Х2В8Ф, 4Х3М4С, У10А	58...62	48...52
Выталкиватели, рассекатели и литниковые втулки для алюминиевых или магниевых сплавов	3Х2В8Ф, 4Х3М4С, 5ХВ2В	58...62	44...48
Матрицы, вкладыши, вставки, щеки, рассекатели и литниковые втулки для медных сплавов	3Х2В8Ф		42...46
Стержни для медных сплавов	3Х2В8Ф		45...50
Выталкиватели для медных сплавов	3Х2В8Ф		48...52
Оформляющие детали для черных сплавов	Молибден		32...36
Обоймы вкладышей	40Х, 45		30...34
Плиты подкладные, плиты выталкивателей, упоры, направляющие, ручки, плиты для нормализованных пакетов	40Х, 45, 35		28...30
Колонки и втулки направляющие, контролкатели	У8А, У10А		48...52
Ползуны стержневых механизмов	40Х, 45	40...55	30...34
Клинья, замки, фиксаторы	45, У8А		48...55
Втулки и валики зубчатые	СЧ18-36		-

В крупносерийном производстве в целях централизации изготовления пресс-форм и сокращения времени на замену матриц и пуансонов при их износе применяют способ изготовления пресс-форм на основе универсальных форм-пакетов (УФП), представляющих собой набор стандартных крепежных плит с механизмом выталкивания (рис. 14б). Наряду с УФП применяют специальные формы-пакеты (СФП) с несколькими комплектами запасных оформляющих деталей. В СФП обычно предусматривают механизмы извлечения стержней, а также водяное охлаждение обжим.



а)

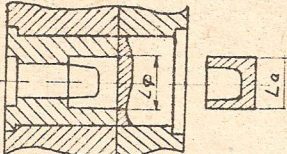
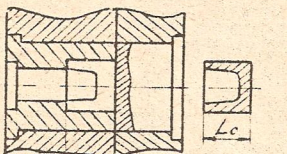
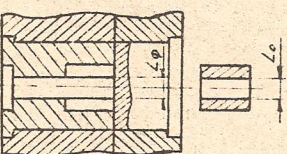
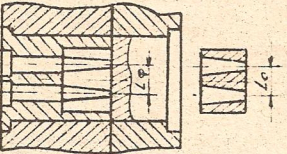
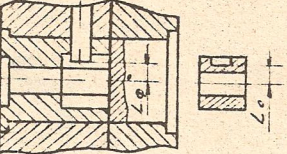


б)

Рис. 15

Таблица 12

Расчет исполнительных размеров оформляющей полости пресс-формы

Эскиз	Размер отливки и расчетная формула
	<p>Охватываемый размер отливки, выполняемый в одной части пресс-формы, не связанной с разъемом:</p> $L_p^{+\delta_{у32}} = L_{\text{ном}} \times \left(1 + \frac{K_p}{100}\right) - 0,7\delta$
	<p>Охватываемый размер отливки, связанный с разъемом пресс-формы:</p> $L_p^{+\delta_{у32}} = L_{\text{ном}} \times \left(1 + \frac{K_p}{100}\right) - 0,7\delta - \delta_1$
	<p>Охватываемый размер отливки, оформляемый неподвижным стержнем:</p> $L_p^{-\delta_{у32}} = L_{\text{ном}} \times \left(1 + \frac{K_p}{100}\right) + 0,7\delta$
	<p>Межосевые расстояния:</p> $L_p^{\pm\delta_{у32}} = L_{\text{ном}} \left(1 + \frac{K_p}{100}\right)$
	<p>Размер между осью отверстия и торцевой поверхностью сокового подвижного стержня:</p> $L_p^{\pm\delta_{у32}} = \left(L_{\text{ном}} - \frac{\delta_1}{2}\right) \times \left(1 + \frac{K_p}{100}\right)$

Обозначения: $L_{\text{ном}}$ - номинальный размер отливки, мм; K_p - коэффициент усадки, %; δ - допуск на размер отливки, мм; δ_1 - допуск на несоосность отдельных частей пресс-формы, мм

Таблица 13

Коэффициент линейной усадки сплавов при литье под давлением, %

Сплавы	Усадка		
	Свободная	Смешанная	Затрудненная
Цинковые	1,00	0,50...0,65	0,30...0,45
Алюминиевые с содержанием Si , %:			
12	0,98	0,50...0,70	0,35...0,50
4	1,20	0,55...0,75	0,45...0,60
Магниевые	1,25	0,60...0,75	0,50...0,70
Латуни	1,30	0,65...0,85	0,55...0,80
Стали углеродистые	1,60	0,80...1,20	0,70...0,85

Основные детали пресс-форм, соприкасающиеся с расплавленным металлом (вкладыши, вставки, неподвижные и подвижные стержни, литниковые втулки и рассекатели, выталкиватели) изготавливают из высоколегированных сталей и обрабатывают по 8...10-му качеству точности с параметрами шероховатости $R_a = 1,25...0,32$ мм. Сведения о материалах деталей пресс-форм приведены в табл. 11.

Для удаления боковых стержней, перпендикулярных направлению разъема пресс-формы, применяют клиновые механизмы (рис. 15а, здесь 1 - стержень; 2 - клин; 3 - фиксатор; 4 - ползун; 5 - замок ползуна). Угол наклона клина должен быть не более 15° , в противном случае может произойти заклинивание механизма. Клиновые механизмы с наклонными пальцами применяют для стержней длиной < 50 мм. Для более длинных стержней используют гидравлические приводы. При изготовлении тонкостенных отливок с глубокими полостями стержни удаляют до окончательного раскрытия пресс-формы. В этих случаях, если направление удаления стержня совпадает с направлением выталкивания, используют подвижные центральные стержни, которые извлекают из отливки до раскрытия пресс-формы с помощью реечного механизма (рис. 15б, здесь 6 - рейка, 7 - зубчатое колесо).

Исполнительные размеры $\Delta\varphi$ оформляющей полости пресс-формы с учетом усадки сплава и допуска $\sigma_{изг}$ на изготовление подсчитывают по формулам табл. 12. Значения коэффициента линейной усадки для различных сплавов даны в табл. 13.

ЛИТЕРАТУРА

1. Литье под давлением. Инженерная монография. Изд. 2-е /Под ред. Белопухова А.К. - М.: Машиностроение, 1975. - 400 с.
2. Машины для литья под давлением. /Под ред. Розенберга Б.Е. - М.: Машиностроение, 1973. - 288 с.
3. Колобнев И.Ф., Крымов В.В., Мельников А.В. Справочник литейщика. Цветное литье из легких сплавов. Изд. 2-е. - М.: Машиностроение, 1974. - 416 с.
4. Беккер М.Б. Литье под давлением. - М.: Высшая школа, 1978. - 213 с.
5. Справочник технолога-приборостроителя: В 2-х т. Т. I. 2-е изд. /Под ред. Сыроватченко П.В. - М.: Машиностроение, 1980. - 607 с.
6. ГОСТ 19933-74...19946-74. Пресс-формы для литья под давлением деталей из цветных сплавов.
7. ГОСТ 15595-76. Машины для литья под давлением.
8. ГОСТ 17588-81. Машины для литья под давлением. Размеры присоединительные для крепления пресс-форм.
9. ГОСТ 17385-72...17392-72. Направляющие и опорные детали пресс-форм и форм для литья под давлением.