

Лабораторная работа 1. Приготовление кокилей литейных сплавов.

Нагрев уменьшает перепад температур между отливкой и формой и расширение формы за счет прогрева ее металлом отливки. В результате этого в отливке уменьшаются растягивающие напряжения, вызывающие появление трещин. Однако одного только подогрева формы недостаточно, чтобы устранить возможность возникновения трещин. Необходимо своевременное извлечение отливки из формы. Удалять отливку из кокиля следует раньше того момента, когда температура ее сравняется с температурой кокиля, а усадочные напряжения достигнут наибольшей величины. Обычно отливку извлекают в тот момент, когда она окрепнет настолько, что ее можно перемещать без разрушения (450-500 °С). К этому моменту литниковая система еще не приобретает достаточной прочности и разрушается при легких ударах. Длительность выдержки отливки в форме определяется скоростью затвердевания и зависит от температуры металла, температуры формы и скорости заливки.

Таблица 3

Состав типовых красок для кокилей, %

№ состава	Оксид цинка	Жидкое стекло	Молотый отмученный мел	Прокаленный тальк	Прокаленный асбест (порошок или пудра)	Коллоидальный графит	Вода	λ , Вт/(м·К)
1	5,0	2,0	-	-	-	-	93,0	0,45
2	-	-	10,0	10,0	-	-	80,0	0,30
3	-	4,0	12,0	-	-	2,0	82,0	0,15
4	9,0	6,0	-	-	28,0	-	57,0	0,21
5	3,0	6,0	-	-	6,0	-	85,0	0,30
6	4,0	6,0	20,0	5,0	-	-	70,0	0,18
7	-	3,5	17,5	-	9,0	-	70,0	-
8	3,0	3,0	4,0	-	-	5,0	81,0	-
9	-	4,0	10,0	-	-	-	86,0	-

Алюминиевые сплавы в зависимости от состава и сложности конфигурации отливок заливают в кокили при 680-750°C. Весовая скорость заливки составляет 0,15-3,0 кг/с. Отливки с тонкими стенками заливают с большими скоростями, чем с толстыми.

Для устранения прилипания металла, повышения срока службы и облегчения извлечения металлические стержни в процессе работы смазывают. Наиболее распространенной смазкой является водно-графитовая суспензия (3-5% графита).

Части кокилей, выполняющих наружные очертания отливок, изготавливают из серого чугуна. Толщину стенок кокилей назначают в зависимости от толщины стенок отливок в соответствии с рекомендациями ГОСТ 16237.

Внутренние полости в отливках выполняют с помощью металлических (стальных) и песчаных стержней. Песчаные стержни используют для

оформления сложных полостей, которые невозможно выполнить металлическими стержнями. Для облегчения извлечения отливок из кокилей наружные поверхности отливок должны иметь литейный уклон от 30' до 3' в сторону разъема. Внутренние поверхности отливок, выполняемых металлическими стержнями, должны иметь уклон не менее 6'. В отливках не допускаются резкие переходы от толстых сечений к тонким. Радиусы закруглений должны быть не менее 3 мм. Отверстия диаметром более 8 мм для мелких отливок, 10 мм для средних и 12 мм для крупных выполняют стержнями. Оптимальное отношение глубины отверстия к его диаметру равно 0,7-1,0. Величина припуска на обработку при литье в кокиль назначается в два раза меньшей, чем при литье в песчаные формы.

Воздух и газы выводятся из полости кокиля с помощью вентиляционных каналов, размещаемых в плоскости разъема, и пробок, размещаемых в стенках вблизи глубоких полостей.

В современных литейных цехах кокили устанавливают на однопозиционные или многопозиционные полуавтоматические литейные машины, в которых автоматизированы закрытие и раскрытие кокиля, установка и извлечение стержней, выталкивание и удаление отливки из формы. Предусмотрено также автоматическое регулирование температуры нагрева кокиля. Заливку кокилей на машинах осуществляют с помощью дозаторов.

Для улучшения заполнения тонких полостей кокилей и удаления воздуха и газов, выделяющихся при деструкции связующих, осуществляют вакуумирование форм, заливку их под низким давлением или с использованием центробежной силы.

Литье выжиманием. Литье выжиманием является разновидностью литья в кокиль. Оно предназначено для изготовления крупногабаритных отливок (2500×1400 мм) панельного типа с толщиной стенок 2-3 мм (рис. 20). Для этой цели используют металлические полуформы, которые крепят на специализированных литейно-выжимных машинах с односторонним или двухсторонним сближением полуформ. Отличительной особенностью этого способа литья является принудительное заполнение полости формы широким потоком расплава при сближении полуформ. В литейной форме отсутствуют элементы обычной литниковой системы. Данным способом изготавливают отливки из сплавов, имеющих узкий интервал кристаллизации.

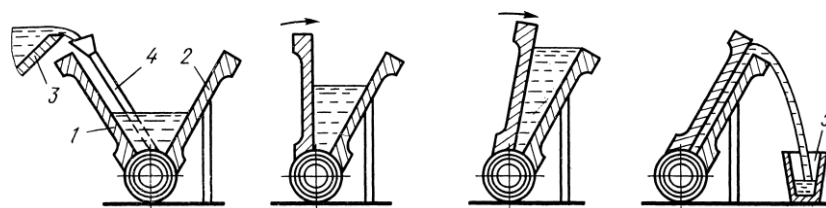


Рис. 20. Схема процесса литья выжиманием: 1, 2 – металлические шарнирно соединенные полуформы; 3 – ковш; 4 – литниковая трубка; 5 – сливная емкость

Допустимая скорость подъема расплава на рабочем участке полости формы при литье панелей из алюминиевых сплавов должна быть в пределах 0,5-0,7 м/с. Меньшая скорость может привести к незаполнению тонких сечений отливок, излишне высокая – к дефектам гидродинамического характера: волнистости, неровностям поверхности отливок, захвату воздушных пузырьков, размыву песчаных стержней и образованию трещин из-за разрыва потока.

Заливку металла производят в подогретые до 250-350°C металлоприемники. Регулирование скорости охлаждения расплава осуществляют нанесением на рабочую поверхность полости форм теплоизоляционного покрытия различной толщины (0,05-1,0 мм). Для этого используют краски, состав которых приведен в табл. 13. Перегрев сплавов перед заливкой не должен превышать 15-20° над температурой ликвидуса. Длительность сближения полуформ 1,5-3,0 с.

Литье под низким давлением. Литье под низким давлением является другой разновидностью литья в кокиль. Оно получило применение при изготовлении крупногабаритных тонкостенных отливок из алюминиевых сплавов с узким интервалом кристаллизации. Принципиальная схема установки для литья под низким давлением приведена на рис. 21. Так же как и при литье в кокиль, наружные поверхности отливок выполняются металлической формой, а внутренние полости – металлическими или песчаными стержнями. Металлическую форму перед началом литья окрашивают красками.

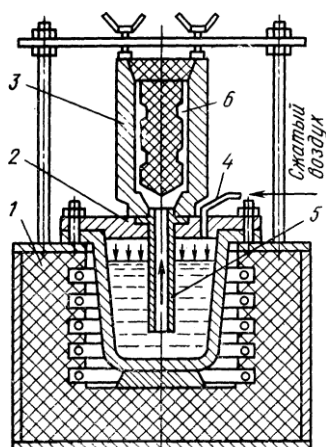


Рис. 21. Установки для литья под низким давлением:

1 – тигельная печь сопротивления; 2 – герметизирующая крышка; 3 – металлическая форма (кокиль); 4 – воздухопровод; 5 – металлопровод; 6 – полость формы

Для изготовления стержней используют смесь, состоящую из 55% кварцевого песка 1К016А; 13,5% полужирного песка П01; 27% пылевидного кварца; 0,8% пектинового клея; 3,2% смолы М и 0,5 % керосина. Такая смесь не образует механического пригара.

Заполнение форм металлом осуществляют давлением сжатого осушенного

воздуха (18-80 кПа), подаваемого на поверхность расплава в тигле, нагретого до 720-750°C. Под действием этого давления расплав вытесняется из тигля в металлопровод, а из него в коллектор литниковой системы и далее – вполость литейной формы. Преимуществом литья под низким давлением является возможность автоматического регулирования скорости подъема металла в полости формы, что позволяет получать тонкостенные отливки более качественными, чем при литье под действием силы тяжести.

Кристаллизацию сплавов в форме проводят под давлением 10-30 кПа до образования твердой корки металла и 50-80 кПа после образования корки.

Более плотные отливки из алюминиевых сплавов получают литьем под низким давлением с противодействием (рис. 22). Заполнение полости формы при литье с противодействием осуществляют за счет разницы давлений в тигле и в форме (10-60 кПа). Кристаллизация металла в форме ведется под давлением 0,4-0,5 МПа. При этом предотвращается выделение растворенного в металле водорода и образование газовых пор. Повышенное давление способствует лучшему питанию массивных узлов отливок. В остальном технология литья с противодействием не отличается от технологии литья под низким давлением.

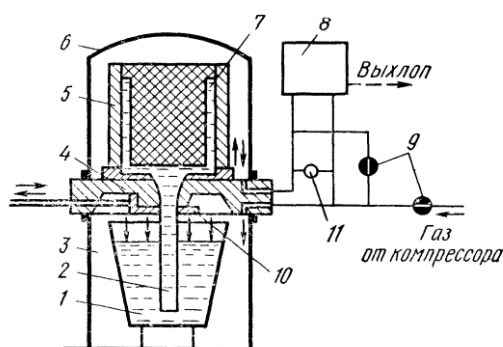


Рис. 22. Установка для литья с противодействием: 1 – тигель с расплавом; 2 – металлопровод; 3 – камера тигля; 4 – разделительная плита; 5 – литейная форма; 6 – камера литейной формы; 7 – электроконтактный датчик; 8 – регулирующее устройство; 9 – проходные каналы; 10 – отсекающий; 11 – дифференциальный манометр

При литье с противодействием успешно совмещены достоинства литья под низким давлением и кристаллизации под давлением.

Литье под давлением. Литьем под давлением из алюминиевых сплавов изготавливают сложные по конфигурации отливки 1-3-го классов точности с толщиной стенок от 1 мм и выше, литыми отверстиями диаметром до 1,2 мм,

литой наружной и внутренней резьбой с минимальным шагом 1 мм и диаметром 6 мм. Чистота поверхности таких отливок соответствует 5-8-му классам шероховатости. Изготовление таких отливок осуществляют на машинах с холодной горизонтальной или вертикальной камерами прессования, с удельным давлением прессования 30-70 МПа. Предпочтение отдается машинам с горизонтальной камерой прессования.

Размеры и масса отливок ограничиваются возможностями машин литья под давлением: объемом камеры прессования, удельным давлением прессования (p) и усилием запираания (θ). Площадь проекции (F) отливки, литниковых каналов и камеры прессования на подвижную плиту пресс-формы не должна превышать значений, определяемых по формуле $F = 0,85\theta/p$.

Оптимальные значения уклонов для наружных поверхностей составляют 45° ; для внутренних 1° . Минимальный радиус закруглений 0,5-1 мм. Отверстия более 2,5 мм в диаметре выполняются литьем. Отливки из алюминиевых сплавов, как правило, подвергают механической обработке только по посадочным поверхностям. Припуск на обработку назначается с учетом габаритов отливки и составляет от 0,3 до 1 мм.

Для изготовления пресс-форм применяют различные материалы. Части пресс-форм, соприкасающиеся с жидким металлом, изготавливают из сталей 3Х2В8, 4Х8В2, 4ХВ2С, плиты крепления и обоймы матриц – из сталей 35, 45, 50, штыри, втулки и направляющие колонки – из стали У8А.

Подвод металла к полости пресс-форм осуществляют с помощью внешних и внутренних литниковых систем (рис. 23, 24). Питатели подводят кучасткам отливки, подвергающимся механической обработке. Толщину их назначают в зависимости от толщины стенки отливки в месте подвода и заданного характера заполнения пресс-формы. Эта зависимость определяется отношением толщины питателя b к толщине стенки отливки B . Плавное, без завихрений и захвата воздуха, заполнение пресс-форм имеет место, если отношение b/B близко к единице. Для отливок с толщиной стенок до 2 мм питатели имеют толщину 0,8 мм; при толщине стенок 3 мм толщина питателей равна 1,2 мм; при толщине стенок 4-6 мм – 2 мм.

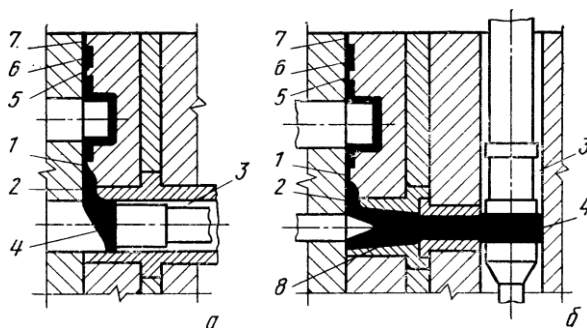


Рис. 23. Литниковые системы для литья под давлением на машинах с холодной камерой прессования: *a* – горизонтальной; *б* – вертикальной; 1 – питатель; 2 – переходный канал; 3 – камера прессования; 4 – пресс-остаток; 5 – щель; 6 – промывник; 7 – вентиляционный канал; 8 – литниковый ход

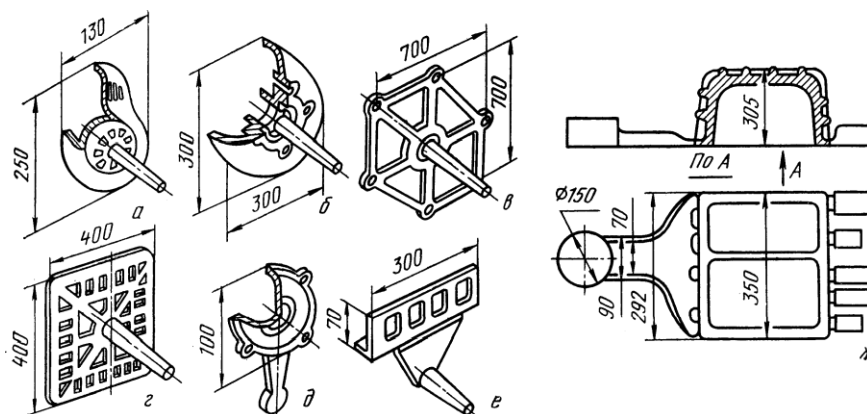


Рис. 24. Внутренние (а-с) и внешние (д-ж) литниковые системы

Для приема первой порции расплава, обогащенного воздушными включениями, вблизи полости пресс-формы располагают специальные резервуары-промывники, объем которых может достигать 20-40% от объема отливки. Промывники соединяют с полостью литейной формы каналами, толщина которых равна толщине питателей.

Удаление воздуха и газа из полости пресс-форм осуществляют через специальные вентиляционные каналы и зазоры между стержнями (выталкивателями) и матрицей пресс-формы. Вентиляционные каналы выполняют в плоскости разреза на неподвижной части пресс-формы, а также вдоль подвижных стержней и выталкивателей. Глубина вентиляционных каналов при литье алюминиевых сплавов принимается равной 0,05-0,15 мм, а ширина 10- 30 мм. В целях улучшения вентиляции пресс-форм полости промывников тонкими каналами (0,2-0,5 мм) соединяют с атмосферой.

Основными дефектами отливок, полученных литьем под давлением, являются воздушная (газовая) подкорковая пористость, обусловленная захватом воздуха при больших скоростях впуска металла в полость формы, и усадочная пористость (или раковины) в тепловых узлах. На образование этих дефектов большое влияние оказывают параметры технологии литья – скорость прессования, давление прессования, тепловой режим пресс-формы.

Скорость прессования определяет режим заполнения пресс-формы. Чем выше скорость прессования, тем с большей скоростью перемещается расплав по литниковым каналам, тем больше скорость впуска расплава в полость пресс-формы. Высокие скорости прессования способствуют лучшему заполнению тонких и удлиненных полостей. Вместе с тем они являются причиной захвата металлом воздуха и образования подкорковой пористости. При литье алюминиевых сплавов высокие скорости прессования применяют лишь при изготовлении сложных тонкостенных отливок.

Большое влияние на качество отливок оказывает давление прессования.

По мере повышения его увеличивается плотность отливок.

Величина давления прессования ограничивается обычно величиной усилия запирающей машины, которое должно превышать давление, оказываемое металлом на подвижную матрицу (pF). Поэтому большой интерес приобретает локальная подпрессовка толстостенных отливок,

известная под названием «Acurad-процесс» (рис. 25). Малая скорость впуска металла в полость пресс-форм через питатели большого сечения и эффективная подпрессовка кристаллизующегося расплава с помощью двойного плунжера позволяют получать плотные отливки.

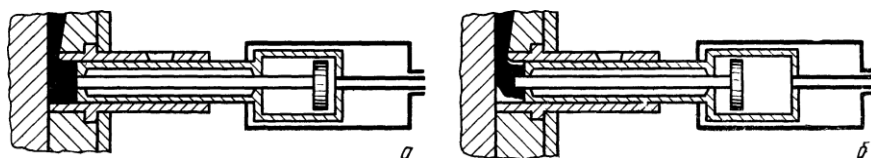


Рис. 25. Схема двойного прессования («Acurad-процесс»):
а – прессование; б – подпрессовка

На качество отливок существенное влияние оказывают также температуры сплава и формы. При изготовлении толстостенных отливок несложной конфигурации заливку расплава ведут при температуре на 20-30 °С ниже температуры ликвидуса. Тонкостенные отливки требуют применения расплава, перегретого выше температуры ликвидуса на 10-15 °С. Для снижения величины усадочных напряжений и предотвращения образования трещин в отливках пресс-формы перед заливкой нагревают.

Стабильность теплового режима обеспечивают подогревом (электрическим) или охлаждением (водяным) пресс-форм.

Для предохранения рабочей поверхности пресс-форм от налипания и эрозионного воздействия расплава, уменьшения трения при извлечении стержней и облегчения извлечения отливок пресс-формы подвергают смазке. Для этой цели используют жирные (масло с графитом или алюминиевой пудрой) или водные (растворы солей, водные препараты на основе коллоидального графита) смазки.

Существенно повышается плотность отливок из алюминиевых сплавов при литье с вакуумированием пресс-форм. Для этого пресс-формы помещают в герметичный кожух, в котором создают необходимое разрежение (рис. 26).

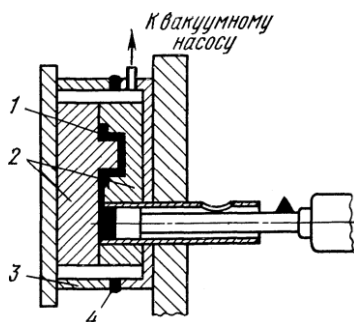


Рис. 26. Схема литья под давлением с вакуумированием пресс-формы:
1 – отливка; 2 – пресс-форма; 3 – стальной кожух; 4 – резиновая прокладка

Хорошие результаты могут быть получены при использовании «кислородного процесса». Для этого воздух в полости пресс-формы заменяют кислородом. При больших скоростях впуска металла в полость формы,

вызывающих захват расплавом кислорода, подкорковая пористость в отливках не образуется, так как весь захваченный кислород расходуется на образование мелкодисперсных оксидов алюминия, не влияющих заметно на механические свойства отливок. Такие отливки можно подвергать термической обработке.

Приготовление и травление макрошлифов. Образец для макроанализа вырезают в определенном месте и в определенной плоскости в зависимости от того, что требуется выявить и изучить – первичную кристаллизацию, дефекты, нарушение сплошности металла, неоднородность структуры. Поэтому образцы вырезают из одного или нескольких мест как в продольном, так и в поперечном направлениях.

При шлифовании по поверхности образца водят шлифовальной шкуркой, обернутой вокруг деревянного бруска. Шлифование начинают шкуркой с наиболее грубым абразивным зерном, затем постепенно переходят на шлифование шкуркой с более мелким зерном. При переходе с одного номера шкурки на другой направление шлифования меняют на 90°.

После окончания шлифования на шлифовальной шкурке самой мелкой зернистости полированием удаляют риски, и обрабатываемая поверхность образца получается блестяще зеркальной. Полировать можно механическим и электролитическим способами.

Механическое полирование производят на специальном полировальном станке с кругом, обтянутым сукном или фетром. Сукно смачивают полировальной жидкостью. К вращающемуся кругу с сукном прижимают отшлифованную поверхность образца и в процессе полирования поворачивают его. Полируют образец до полного исчезновения рисков и получения зеркальной поверхности. Чтобы получить хороший результат полирования, образец не следует сильно прижимать к сукну, так как при этом хотя и ускоряется удаление рисков, но происходит деформирование поверхностного слоя и искажение структуры, выкрашивание хрупких включений. Сильный нажим на образец приводит также к более быстрому высыханию полировальной жидкости и к возможному пригоранию поверхности.

Полировальными составами являются взвешенные в воде мелкие порошки оксида алюминия (глинозем), оксид хрома, оксид железа (крокус) и оксид магния (магнезия). Чаще для полирования применяют оксид хрома и оксид алюминия. Полировальную жидкость составляют в следующей пропорции: $1 \cdot 10^{-3}$ м³ воды и $(10-15) \cdot 10^{-3}$ кг оксида хрома или $5 \cdot 10^{-3}$ кг оксида алюминия.

После полирования образец промывают водой, полированную поверхность протирают ватой, смоченной спиртом, а затем просушивают прикладыванием фильтровальной бумаги или легким протираем сухой ватой.

Для выявления макроструктуры полированную поверхность образца подвергают травлению, т.е. действию растворов кислот, щелочей, солей. После травления форма и размер зерна становятся видимыми невооруженным взглядом или под микроскопом.

Сущность процесса выявления структуры металлов и сплавов травлением

заключается в различной степени растворения или окрашивания отдельных структурных составляющих – зерен чистых металлов, твердых растворов, химических соединений. Различные структурные составляющие обладают разным электродным потенциалом. Когда полированная поверхность сплава покрыта травителем, являющимся электролитом, одни структурные составляющие сплава, имеющие более электроотрицательный электродный потенциал, будут являться анодами и растворяться, другие структурные составляющие, с более положительным электродным потенциалом, будут катодами и сохраняться неизменными. Поскольку таких анодных и катодных участков много, то в результате травления на поверхности макрошлифа образуются многочисленные впадины и выступы, которые и характеризуют макроструктуру сплава.

Границы зерен травятся сильнее самих зерен, потому что поверхностные слои зерна обогащены примесями, в связи с чем образуются микрогальванические пары, а кристаллическая решетка у границ зерна находится в более искаженном и напряженном состоянии, чем в глубине зерна. Поэтому в местах, соответствующих границам зерен, после травления получают углубления. Вследствие рассеяния света в местах углублений границы зерен кажутся темными.

Для макротравления применяют в основном травление погружением. Макрореактивами выявляют вид зерна и направление волокон у деформированного материала, а также пористость (усадочные микрораковины) у литых образцов и трещины. Большие образцы для макротравления лучше всего подвергать чистому фрезерованию или обтачивать на токарном станке. Поверхность образца целесообразно предварительно протравливать раствором едкого натра, пока она не станет белой и матовой. При этом не только устраняются остаточные следы обработки, но одновременно выравнивается поверхность.

При травлении часто используются следующие травители.

Травитель №1: $11 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ 30%-й HF + $100 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ H_2O . Этим раствором шлифы протравливают при комнатной температуре до тех пор, пока поверхность не станет матовой. Если алюминий содержит примеси меди, то возникает черный осадок цементной меди, который можно удалить водным раствором азотной кислоты (1:1).

Травитель №2: $115 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ 40%-й HF + $16 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ HNO_3 + $42 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ HCl + $27 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ H_2O . Этот раствор применяется для макротравления чистого алюминия. При повышении содержания азотной кислоты травление дает более контрастную картину. Такой способ травления пригоден также для неподготовленных поверхностей. Поверхность шлифа во время травления следует протирать, а затем споласкивать теплой водой.

Травитель №3: 11%-й водный раствор HCl . С помощью этого травления устанавливают первичную ликвацию в чистом алюминии. Образцы, обработанные в растворе едкого натра, травятся в 10%-м растворе соляной кислоты с добавкой $(3-30) \cdot 10^{-3}$ кг хлорного железа на литр раствора в течение

60–600 с в зависимости от степени чистоты алюминия. Затем образцы промывают в холодной водопроводной воде.

Травитель №4: $0,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \text{ HF} + 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \text{ HNO}_3 + 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \text{ HCl} + 1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 \text{ H}_2\text{O}$ – травитель Келлера. Применяется для травления поверхности зерен алюминиевых сплавов содержащих медь, пригоден и для чистого алюминия. Продолжительность травления составляет 10–20 с.

Для выявления макроструктуры алюминия и сплавов на его основе часто используют подогретый до 60–70°C 20%-й водный раствор NaOH .

Чтобы предотвратить быстрое потемнение травленных шлифов вследствие коррозионных процессов, образцы после травления рекомендуется обрабатывать в кипящей смягченной или дистиллированной воде.

Определение удельной поверхности границ зерен методом случайных секущих. К поверхностям раздела в сплавах относят границы зерен одной фазы, межфазные поверхности (между матрицей и вторичными выделениями или между частицами фаз внутри эвтектики), поверхности раздела структурных составляющих (между первичными кристаллами и эвтектикой). Чем дисперснее и сложнее по конфигурации зерна, частицы фаз и структурных составляющих, тем протяженнее граница раздела.

Количественной характеристикой является удельная поверхность раздела – суммарная поверхность зерен, частиц фазы или структурной составляющей, приходящаяся на единицу площади шлифа. Удельную поверхность раздела определяют методом случайных секущих (методом С.А. Салтыкова). Если поверхности раздела любой формы в пространстве не имеют предпочтительной ориентировки, то число пересечений с ними произвольно направленных секущих в плоскости шлифа пропорционально удельной поверхности раздела.

Секущие произвольно ориентируют и равномерно распределяют по площади шлифа. Определяют общее число точек пересечений секущих с линиями изучаемых поверхностей раздела в плоскости шлифа. Далее рассчитывают среднее число пересечений на единице длины секущих по формуле:

$$m = \frac{q}{L}, \text{ м}^{-3} \quad (1)$$

где q – суммарная длина всех секущих; L – число пересечений границ зерен с окулярной линейкой, $L = \Sigma (X \cdot A_{ок})$, где $A_{ок}$ – число делений линейки окуляра микрометра; X – цена деления шкалы окуляра микрометра.

Величину удельной поверхности раздела рассчитывают по формуле:

$$S_v = 2 \cdot m, \text{ м}^{-4} / \text{ м}^{-6}. \quad (2)$$

Секущие можно провести на матовом стекле микроскопа, прикладывая линейку, или при помощи окуляров с диоптрийной наводкой и со шкалой микроскопа МБС-9.

Точность метода тем выше, чем больше суммарное число точек

пересечения. При суммарном числе точек пересечений около 200 относительная ошибка составляет 5%.

Выбивка, обрубка, очистка и термическая обработка отливок. Выбивку песчаных форм при литье алюминиевых сплавов осуществляют на встряхивающих выбивных решетках с механическими или пневматическими приводами после охлаждения отливок до 250-100°С. Алюминиевые сплавы при температурах выбивки имеют невысокую прочность. Поэтому при работе на встряхивающих выбивных решетках отливки из этих сплавов требуют осторожного обращения.

Стержни из отливок выбивают с помощью пневмозубил, накладных вибраторов и простейших вибрационных машин. Для средних и крупных отливок со сложными внутренними полостями, когда применение указанных выше способов сопряжено с возможностью повреждения отливок, выбивку осуществляют в гидрокамерах водой низкого (196-490 кПа) или высокого (14,7 МПа) давления. Для этой цели с успехом применяют также выбивку в воде с помощью электрического разряда (рис. 53).

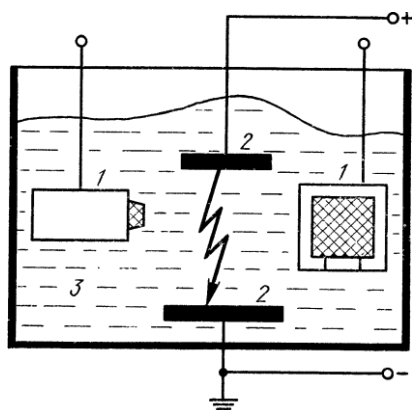


Рис. 53. Схема электрогидравлической выбивки стержней:
1 – отливка; 2 – электрод; 3 – ванна с водой

Обрубку отливок, полученных литьем в разовые формы и кокиля, производят в основном с помощью ленточных и дисковых пил и обрубных прессов. При массовом производстве отливок для удаления прибылей используют автоматические фрезерные станки. Обрубку отливок, изготовленных литьем под давлением, производят в обрубных штампах на прессах.

Для очистки отливки подвергают гидропескоструйной обработке в специальных изолированных камерах. Реже для этого применяют дробеструйную очистку. Во избежание образования вмятин на поверхности отливок в этом случае в качестве дроби используют мелкие кусочки алюминиевой проволоки.

Зачистку отливок и удаление заусенцев осуществляют пневматическими зубилами и шарошками (абразивными и металлическими).

Для достижения необходимого уровня механических свойств отливки из большинства алюминиевых сплавов подвергают термической обработке в камерных, шахтных, конвейерных и других печах с электрическим обогревом

и принудительной циркуляцией воздуха.

Виды дефектов и методы контроля. Дефекты отливок, вызванные взаимодействием сплава с газами и влагой (группа I).

Шлаковые включения. Располагаются на верхних поверхностях, в местах примыкания к отливке литниковых щелей, в периодах или сопряжениях стенок, в карманах, не имеющих сообщения с прибылями, а затем в различных местах в толще отливок.

Шлаковые включения обнаруживают рентгенопросвечиванием, при механической обработке детали, при обдувке песком, травлении и зондировании тонкой стальной проволокой.

В отливках из алюминиевых сплавов шлаковые включения различных размеров имеют темно-коричневый цвет.

Условия образования дефекта – окисление сплавов в результате аэрации газов при литье, плохое приготовление сплава.

Предупреждение дефекта – снижение окисляемости сплава добавками бериллия, снижение температуры литья, тщательное рафинирование сплава, правильная техника заливки, построение литниковой системы, исключающей аэрацию.

Окисная пленка. Относят дефекты, получившие название окисный спай, подтек – заплеск, вскиповая плена или вскип.

Окисные плены располагаются в самых различных местах отливки. Обнаруживают их визуально после обдувки отливки. Рентгенопросвечиванием обнаружить окисные плены в отливке не всегда возможно.

На поверхности отливки образуются такие мелкие складки, отслоения в виде чешуек или полос более темного окислившегося сплава, иногда в виде тонкого ножевого прореза.

Образование дефекта происходит при условиях, способствующих повышенному окислению сплава в форме: при переувлажнении формовочной смеси, плохо просушенных стержнях, чрезмерно плотной набивке формы, отсутствии защитных присадок в кокиле, медленном поступлении сплава в форму открытой струей.

Предупреждение дефекта: плотность набивки формы не должна превышать 50-60 ед. по твердомеру, не следует устанавливать горячие стержни в форму и выдерживать формы на горячем поддоне более 15-20 мин во избежание местной конденсации влаги; необходимо контролировать влажность формовочных смесей, слегка подсушивать поверхность формы газовой горелкой.

Окисный спай. Появляется на тонкостенных отливках с большими горизонтальными поверхностями вблизи питателей, у переходов фланцев детали к тонкой стенке. Он образуется при медленном заполнении формы сплавом.

Дефект обнаруживают теми же средствами, что и окисные плены.

Окисный спай представляет собой соединившиеся, но не спаявшиеся струи сплава, разделенные тонкой окисной пленкой.

Предупреждение дефекта: ускорять заливку формы, подводить сплав к отливке сплошной щелью, а не отдельными питателями; установить на отливку прибыль в виде гребешка.

Заплеск и подтек. На поверхности детали видны окисные плены или включения инородного тела, идущие вниз от того места, где металл протекал в форму.

Причины образования – неправильная установка литниковой чаши, неплотное прилегание съёмов формы, повреждение формы, небрежная заливка формы сплавом.

Обнаруживают этот дефект так же, как и окисную плену.

Предупреждение дефекта: соблюдение технологии изготовления и сборки формы, периодический контроль, исправность моделей и опок.

Вскиповая плена. Дефект располагается в различных местах отливки и обнаруживается осмотром и легким простукиванием слесарным молотком по месту предполагаемого дефекта (плена лопается и начинает отделяться от отливки в виде лент или чушек).

Плены имеют форму складок, радиально расходящихся из очага образования; на нижней части отливки они имеют вид «паука» (от отверстия или тонкой щели звездообразно расходятся тонкие окисные плены).

Вскиповые плены образуются, когда давление выделяющегося в форме газа оказывается больше гидростатического давления сплава.

Предупреждение дефекта: применять формовочные и стержневые смеси с высокой газопроницаемостью и малой газотворной способностью, в формах и стержнях выполнять газоотводящие каналы. Кроме этого, следует набивать формы по возможности слабо и равномерно, применять формовочные смеси с минимальной влажностью (не более 6,5%), в некоторых случаях их подсушивать, стержни и холодильники нужно хорошо высушивать. Стержни, изготовленные с гигроскопическими связующими, например, сульфитным щелоком, при продолжительном хранении перед подачей на сборку следует дополнительно подсушивать.

Вскиповая раковина (свищ, газовый прострел). Свищи и газовые прострелы в большинстве случаев располагаются в массивных частях отливок и в местах сопряжения массивных частей с тонкими. Обнаруживаются осмотром и рентгенопросвечиванием. По внешнему виду напоминают ход, сделанный червяком в дереве, или усадочную рыхлоту с той разницей, что при вскиповой раковине по излому отливки можно найти место ее образования.

Вскиповая раковина образуется в результате прорыва газа сквозь сплав, когда процесс затвердевания в тонких стенках окончен, а в массивных сплав находится в твердожидком состоянии.

Появление вскиповых раковин предупреждают так же, как и вскиповой плены, и установкой холодильника.

Вскиповая раковина наружная (отдулина). Появляется чаще всего по месту установки на отливке холодильников и представляет собой углубления с гладкой, часто блестящей поверхностью. Ее обнаруживают осмотром отливки. Причиной этого дефекта чаще всего является конденсация влаги на

холодильниках, реже – использование плохого качества стержней (имеющих на поверхности участки, обильно смазанные масляным крепителем, керосином и т. д.).

Чтобы избежать появления «отдушины», следует правильно подготавливать и устанавливать в форму холодильники и стержни.

Газовые раковины располагаются у поверхности отливки как со стороны формы, так и со стороны стержней. Наиболее часто встречаются в отливках с большими горизонтальными поверхностями, в верхней части тонких и высоких ребер, фланцах, реже – в подвыпорной части отливки.

Раковины имеют гладкую поверхность с ровными краями. В ребрах отливки или под тонким выпором располагаются раковины, полость которых заполнена сплавом с выпуклым мениском. Газовые раковины обнаруживают после обдувки отливок песком, оксидирования, при осмотре, зондировании отливки заточенной стальной проволокой или шабровкой, а также рентгенопросвечиванием.

Дефекты отливок, вызванные взаимодействием сплава с формой и флюсами (группа II).

Песчаные раковины (засор, отвал). Песчаные раковины располагаются в различных местах отливки. Это – открытые или закрытые включения формовочного материала в ее теле.

Наружные песчаные раковины хорошо видны при осмотре отливки после выбивки ее из формы и удаления стержней. В том случае, когда раковины закрыты сплавом, дефект можно обнаружить рентгеновским просвечиванием или после механической обработки детали.

Песчаные раковины по большей части являются следствием разрушения и засорения отдельных частей формы. Для предупреждения дефекта необходимо следующее:

- тщательная доработка технологических операций изготовления и сборки формы: согласование знаков моделей и стержневых ящиков, изготовление необходимого контрольно-измерительного инструмента для сборки формы (шаблоны, кондукторы и другие приспособления);
- изменение конструкции отливки (уменьшение или устранение резких выступов и острых углов в форме);
- улучшение крепления выступающих частей формы установкой шпилек, крючков, изготовлением специальных опок с крестовинами, обеспечивающими надежное крепление всех частей формы;
- равномерность набивки формы, контроль плотности набивки форм, соблюдение установленного по правилам технологии времени выстаивания формы до заливки;
- работа на исправных формовочных машинах;
- улучшение качества формовочной и стержневой смесей;
- инструктаж формовщиков и сборщиков форм.

Ужимины. Могут появляться в любых местах отливки. Это – большей частью узкие и длинные вмятины в теле отливки, заполненные землей и прикрытые слоем сплава.

Ужимины легко обнаруживаются при внешнем осмотре отливки после выбивки ее из формы и удаления стержней.

Ужимины образуются в результате неравномерного расширения поверхностного слоя формы и его отслоения внутрь полости формы вследствие прогрева сначала внешних, а затем более глубоких слоев формовочной смеси. Неравномерному расширению песка при прогреве формы способствует неоднородность зернового состава формовочных и стержневых смесей при сильной запыленности песков и неравномерная набивка формы.

Для предупреждения дефекта необходимо следующее: замена песков крупного зернового состава песками более мелкозернистыми; уменьшение запыленности песков; увеличение газопроницаемости формовочных смесей; уменьшение плотности набивки формы; подбор стержневых и формовочных смесей с малой газотворной способностью; рассредоточение подвода металла по периметру отливки; уменьшение времени заливки формы и снижение температуры сплава при заливке.

Дефекты, образующиеся в процессе затвердевания отливок (группа III).

Усадочная раковина (утяжина). Открытые усадочные раковины располагаются большей частью под прибылями (в том случае, если усадка при затвердевании отливки выходит за пределы прибыли), в переходах от толстых сечений отливки к тонким, во внутренних острых углах сопряжения двух стенок, на бобышках и других местах.

Наружная усадочная раковина представляет собой открытое углубление в теле отливки с шероховатой поверхностью и грубокристаллическим строением. Непосредственно к усадочной раковине, как правило, примыкает зона рыхлоты, иногда переходящая в трещины. В случае утяжины раковина имеет гладкую, блестящую или матовую поверхность. Утяжина может иметь также форму небольшой вогнутости на плоской поверхности отливки, например на толстой стенке, бобышке или других аналогичных местах.

Наружную усадочную раковину обнаруживают при осмотре отливки после выбивки ее из формы, после обдувки и оксидирования, а также при измерении отливок.

Усадочная раковина внутренняя. Располагается в тех же местах, что и открытая. Усадочная раковина внутренняя – это раковины в теле отливки. К ним обычно примыкает зона рыхлоты.

Внутреннюю усадочную раковину обнаруживают рентгеновским просвечиванием детали или при ее механической обработке, а также при металлографическом исследовании отливок.

Рыхлота. Располагается в тех же местах, что и усадочные раковины.

Это – участки отливки с крупнозернистой неплотной структурой сплава.

Рыхлота обнаруживается при внешнем осмотре отливки, рентгеновском просвечивании и осмотре изломов.

Газовая пористость. Поры располагаются по всему сечению отливки.

Массивные части, застывающие последними, как правило, имеют большую пористость.

На микрошлифах или механически обработанных поверхностях отливки пористость видна в виде точек различных размеров.

Пористость в отливках может быть обнаружена при рентгеновском просвечивании, при просмотре макрошлифов и при механической обработке отливок.

Горячие трещины. Образуются чаще всего на внутренней стороне острых углов отливки, в местах перехода от толстого сечения к тонкому и в местах подведения сплава в отливку. В отливках большого размера с большими внутренними полостями и малой жесткостью конструкции поперечные трещины образуются в местах возникновения наибольших литейных напряжений.

Горячие трещины представляют собой прямолинейные или извилистые разрывы (сквозные трещины) и надрывы (несквозные трещины) в теле отливки. Поверхность излома по трещине сильно окислена. Горячим трещинам часто сопутствует усадочная рыхлота.

Горячие трещины в отливках хорошо различаются невооруженным глазом при осмотре отливки после выбивки ее из формы и удаления стержней.

Холодные трещины. Образуются там же, где и горячие, и представляют собой прямолинейные или извилистые разрывы и надрывы тела отливки. Поверхность сплава по трещине окислена слабо.

Если холодные трещины имеют малые размеры, то они с трудом различаются невооруженным глазом, и рентгеновским просвечиванием. Наиболее надежным для определения холодных трещин является метод люминесцентного контроля и метод красок.

Коробление – это изменение размеров и контура отливки или ее отдельных частей.

Обнаружить коробление отливок можно при осмотре, измерении, проверке их с помощью шаблонов, разметке на контрольной плите и другими способами.

Причиной коробления в отливках служат внутренние напряжения, возникающие в результате неравномерной усадки толстых и тонких сечений.

Чтобы предупредить коробление, необходимо по возможности равномерно охлаждать все части отливок.

Для этого следует соблюдать правильное конструктивное оформление отливки (устранение острых углов, выравнивание сечений, плавные переходы и т.д.) и подбор холодильников, снижать температуру заливаемого в форму сплава, правильно подбирать места подведения сплава в форму, чтобы обеспечить последовательность кристаллизации сплава.

Для устранения или уменьшения механического торможения усадки следует по возможности увеличивать податливость форм за счет уменьшения плотности набивки формы, заменять сухие формы сырыми, сухие стержни – земляными «болванами», а более прочные смеси – более податливыми.

Дефекты, возникающие в отливках при неправильном заполнении формы

(группа IV).

Незалив стенок отливки (недолив и спай). Дефекты появляются в различных частях отливок. При недоливе контуры и размеры отливок выполнены неполностью вследствие незаполнения формы сплавом. Спай представляет собой сквозные или поверхностные с округленными краями щели в теле отливки.

Общим отличительным признаком недолива и спая является закругленная форма внешней кромки, заполненной части отливки или шва на ее поверхности, а также гладкая блестящая, иногда матовая поверхность кромки.

Дефект обнаруживается при внешнем осмотре.

Получение отливок, точно воспроизводящих конфигурацию формы, зависит от химического состава сплава, процесса выплавки, конструкции отливки и литниковой системы, материала и технологии изготовления формы, режима заполнения формы, а также от выполнения отдельных технологических операций.

Заполнение сплавом всех частей формы обеспечивается правильным выполнением литниковой системы, позволяющей в возможно короткое время заполнить форму.

Устранению незаливов способствует также улучшение поверхности формы различными припылами, краской, гексахлорэтаном и т.п. и повышение температуры металла при заливке.

В тех случаях, когда перечисленные выше меры не обеспечивают надлежащего качества отливок, бывает целесообразно внести изменения в конструкцию отливки (например, увеличить толщину стенок).

Контроль качества отливок и исправление их дефектов. В зависимости от требований технических условий отливки из алюминиевых сплавов могут подвергаться различным видам контроля: рентгеновскому, гамма-дефектоскопии или ультразвуковому для обнаружения внутренних дефектов; разметке для определения размерных отклонений; люминесцентному для обнаружения поверхностных трещин; гидро- или пневмоконтролю для оценки герметичности. Периодичность перечисленных видов контроля оговаривается техническими условиями или определяется отделом главного металлурга завода. Выявленные дефекты, если это допускается техническими условиями, устраняют заваркой или пропиткой.

Аргонно-дуговую сварку используют для заварки недоливов, раковин, рыхлот и трещин. Перед заваркой дефектное место разделяют таким образом, чтобы стенки углублений имели наклон 30-45°. Отливки подвергают местному или общему нагреву до 300-350°C. Местный нагрев ведут ацетиленокислородным пламенем, общий нагрев – в камерных печах. Заварку ведут теми же сплавами, из которых изготовлены отливки, с помощью неплавящегося вольфрамового электрода диаметром 2-6 мм при расходе аргона 5-12 л/мин. Сила сварочного тока составляет обычно 25-40 А на 1 мм диаметра электрода.

Пористость в отливках устраняют пропиткой бакелитовым лаком, асфальтовым лаком, олифой или жидким стеклом. Пропитку ведут в

специальных котлах под давлением 490-590 кПа с предварительной выдержкой отливок в разреженной атмосфере (1,3-6,5 кПа). Температуру пропитывающей жидкости поддерживают на уровне 100°C. После пропитки отливки подвергают сушке при 65-200°C, в процессе которой происходит твердение пропитывающей жидкости, и повторному контролю.