

**ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ПРЕСС-ФОРМ ДЛЯ ЛИТЬЯ  
ПОД ДАВЛЕНИЕМ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ**

**В. С. Чмелева, О. В. Бойко\***

*Национальная металлургическая академия Украины  
\*Объединение метизных заводов Украины «Укрметиз»*

Литье под давлением является одним из наиболее прогрессивных технологических процессов изготовления деталей в машиностроении. Такой метод позволяет получать заготовки, которые по конфигурации и размерам максимально приближаются к готовым деталям. Литье под давлением значительно превосходит другие способы литья по точности отливок, производительности, качеству поверхности изделия. Этот способ позволяет уменьшить массу отливки на 30% и более, что обеспечивает значительную экономию металла (коэффициент использования металла достигает 0,95). Однако развитие литья под давлением сдерживается в первую очередь из-за высокой стоимости (10-30% от себестоимости заготовок) и низкой стойкости пресс-форм. Поэтому повышение стойкости пресс-форм является задачей номер один для расширения использования высокоэффективного метода литья деталей под давлением. Основные факторы, влияющие на стойкость пресс-форм: конструкция; защитные покрытия; материал; тепловой режим эксплуатации. Исходя из этого, сталь, применяемая для изготовления формообразующих частей пресс-формы, должна обладать следующими свойствами: высокой разгаростойкостью для предотвращения привариваемости; высокой твердостью при нагреве; высокой ударной вязкостью для сопротивления образованию трещин разгара; малым температурным коэффициентом расширения; хорошей ковкостью и обрабатываемостью. Для форм литья под давлением применяют штамповые стали с повышенной теплостойкостью (4X4BMФС, 3X3M3Ф, 4X5MФС, 4X5B2ФС, 3X2B8Ф, 2X8M2K5) и коррозионностойкие стали (18X12ВМБФР, 14X17Н2, 2X9В6, 2X10ВМНФ, 3X10M3K4Ф, 20X13). Использование коррозионностойких сталей для рабочих поверхностей пресс-форм целесообразно в тех случаях, когда требования высокого сопротивления разгару преобладает над теплостойкостью. При выборе состава сталей для форм литья под давлением важно учитывать и технологические свойства сталей, особенно склонность к деформации при термической обработке. Многие формы имеют сложную конфигурацию, и при термообработке происходит значительное изменение размеров, а последующее шлифование чаще всего невозможно либо слишком дорого. Этот недостаток свойственен штамповым сталям типа 4X5MФС, 4X5M1ФС, 4X5B2ФС из-за высокого содержания углерода. Поэтому многие предприятия используют сталь 3X2B8Ф. Еще лучшие показатели имеет коррозионностойкая сталь 2X9В6. С точки зрения уменьшения деформации форм

хорошо подходят мартенситно-стареющие стали (000H18K9M5T, 0X11H9M2Д2ТЮ). Использование этих сталей значительно снижает брак по короблению и изменению размеров форм литья под давлением алюминиевых сплавов.

Основными видами износа пресс-форм являются объемные и поверхностные трещины (сетка разгара) и смятие выступающих частей рабочей полости. Все виды износа решающим образом зависят от режима нагрева и охлаждения пресс-формы в процессе производственного цикла. Поэтому толщину стенок пресс-форм подбирают с учетом оптимизации толщины матрицы и уменьшения разнотолщинности ее частей.

Для регулирования температурного режима пресс-формы во время производственного цикла используют следующие способы: предварительный нагрев матрицы изнутри (например, нихромовыми нагревателями); поддержание заданной температуры (например, за счет циркуляции по внутренним каналам теплоносителя с постоянной температурой); предварительный нагрев со стороны рабочей поверхности при наличии внутри пресс-формы постоянно действующего охлаждения. Для охлаждения пресс-формы могут применяться любые жидкости или газы, обеспечивающие поддержание температуры охлаждаемой части на уровне 20-50°C. Каналы охлаждения должны быть на глубине (от рабочей поверхности), равной толщине прогрева формы за время затвердевания отливки. При этом устройства для нагрева и охлаждения пресс-формы должны располагаться в частях, не являющихся сменными. Задачу повышения разгаростойкости пресс-форм можно решать путем изменения конструкции пресс-форм, в том числе созданием сборных пресс-форм. Использование сборных пресс-форм имеет ряд преимуществ: - расходуется в десятки раз меньше дефицитных и дорогих легированных сталей; - возможен ремонт формы, так как при разгаре какого-либо вкладыша его легко заменить; - заготовки секторов сборных пресс-форм небольших размеров облегчают процесс проковки, что способствует формированию в стали более равномерной и мелкозернистой структуры. Применение сборных пресс-форм для литья под давлением цветных сплавов увеличивает износостойкость в 6-7 раз.

Еще одним из путей повышения стойкости пресс-форм является химико-термическая обработка, которая служит упрочнению рабочей поверхности и предохраняют рабочую поверхность от налипания, приваривания и износа. Для пресс-форм применяется цементация, азотирование, цианирование, диффузионное хромирование, диффузионное борирование, а также комплексные методы насыщения несколькими элементами.

Кроме химико-термической обработки для защиты и упрочнения рабочей поверхности пресс-форм используются различные покрытия и металлизация такие, как фосфатирование; оксидирование; воронение; электролитическое хромирование; металлизация карбидами вольфрама и титана.

Состояние микроструктуры металла, из которого изготовлены пресс-формы, в значительной степени определяет их стойкость. Так, карбидная неоднородность резко снижает стойкость пресс-форм, поскольку границы раздела между твердым раствором и избыточными крупными карбидами являются источником зарождения трещин. Как известно, эффективным методом устранения карбидной неоднородности является только многократная перековка. Кроме этого, более однородную структуру металла обеспечивает использование предварительной термической обработки (закалка с температуры 1080-1100°C в масле, высокий отпуск при температуре 740-760°C с выдержкой 6-8 часов и последующим охлаждением с печью до 400°C) за счет перевода максимального количества карбидов в твердый раствор.

Термическая обработка металла пресс-форм имеет определенное влияние на их стойкость. Нельзя допускать такие дефекты как наличие крупноиглочатого мартенсита, бейнита, карбидной ликвации. Важнейшим фактором повышения стойкости пресс-форм является восстановление структуры и снятие остаточных напряжений путем своевременного проведения повторной термической обработки.

Проблема повышения стойкости пресс-форм литья под давлением является сложной и может решаться только комплексно, то есть с учетом всех основных факторов, влияющих на стойкость пресс-форм, а именно: конструкции, тепловых условий эксплуатации, материала и способов его обработки.

Основным материалом для изготовления пресс-форм для литья под давлением алюминиевых сплавов в условиях реального производства является сталь 3Х2В8Ф (0,3-0,4 С; 0,15-0,40 Si, 0,15-0,40 Mn, 2,20-2,70 Cr, 7,50-8,50 W, 0,20-0,50 V - мас. доля в %). Для пресс-форм используются стали, полученные электродуговым способом, которые обладают высокой степенью однородности и повышенной вязкостью (по сравнению с другими методами выплавки сталей). Производить заказ поковки (исходной заготовки) с учетом типоразмеров каждой пресс-формы не представлялось возможным, поэтому по существующей на предприятии технологии заготовки для матриц вырезаются в любом месте исходной поковки без учета направления волокон в металле. Перековка заготовок не проводилась из-за отсутствия кузнечного оборудования необходимой мощности и печей для прогрева крупных заготовок. Прокovskyваются только небольшие заготовки размерами до 100мм. Вместе с тем низкую стойкость имеют именно крупные матрицы, изготовленные из непрокованных заготовок. Анализ процесса изготовления матриц на предприятии также показал, что после различных видов механической обработки не проводится термическая обработка (низкий отпуск) для снятия внутренних напряжений. Согласно существующей на предприятии технологии после черновой механической обработки проводится объемная термическая обработка матриц из стали 3Х2В8Ф по режиму: посад в печь при 400°C в ящике с карбюризатором; прогрев при 400°C; подъем температуры до 850°C со скоростью 100°Cв час; про-

грев при 850°C: подъем температуры с максимальной скоростью до 1100°C; прогрев, выдержка; охлаждение в масле И20А до 100-150°C и немедленный отпуск в течение 5 часов при температуре 680-700°C. Размеры бака с маслом составляют 1x1x1,5м, что явно недостаточно для обеспечения необходимой скорости охлаждения для крупных матриц. Требования по твердости к стали 3Х2В8Ф составляют 30-35 HRC.

С целью анализа реальной скорости охлаждения пресс-форм при закалке в масле в существующих на предприятии условиях, в центре и на поверхности матрицы были зачеканены термопары и произведена запись кривых охлаждения металла. Наложение полученных кривых охлаждения на термокинетическую диаграмму для стали 3Х2В8Ф (рис. 1) показало, что распад аустенита идет в бейнитной области, что существенно снижает стойкость пресс-форм.

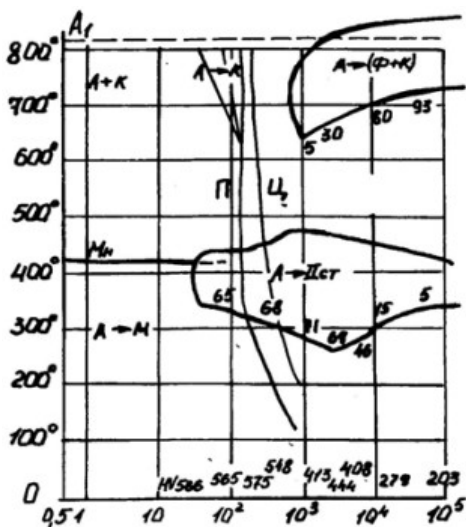


Рис. 1. Термокинетическая диаграмма распада переохлажденного аустенита стали 3Х2В8Ф

Для повышения стойкости после чистовой механической обработки на предприятии используется метод химико-термической обработки азотирования по режиму: температура 520°C, длительность 4,5-5 часов, расход аммиака 2-3 л/мин, степень диссоциации 20-45%. Однако как показал проведенный анализ параметров азотирования, на предприятии не обеспечивается надежный контроль степени диссоциации аммиака и стабильность его расхода. Соответственно, после азотирования не всегда достигается требуемый уровень твердости 900-1100HV и глубина азотированного слоя 0,15-0,20мм. При этом иногда имеет место наличие нитридной и карбидной сетки в металле матрицы.

Для литья под давлением на предприятии используются машины модели А 711А08. Наибольшее давление запрессовки составляет 1890МПа, наимень-

шее - 420 МПа, усилие прессования – 3000Н. Для отливок использовался сплав АЛ-2 следующего химического состава: кремний -10-13%; примеси – не более 2,8% ( железо-0,60,7; цинк- 0,3; медь – 0,3-0,8); остальное – алюминий. Ориентировочная температура разогрева поверхностных слоев 467°С. В качестве смазки применяется воск. Разогрев пресс-форм осуществляется первыми запрессовками. Матрицы цельные. Условия эксплуатации пресс-форм неблагоприятные, поскольку усилие прессования и давление запрессовки, как правило, максимальные.

С целью исследования основных типов дефектов, приводящих к снижению стойкости пресс-форм, отбирали образцы от «дефектных» матриц. Анализ микроструктуры образцов показал, что в металле присутствовала карбидная сетка 5 балла (шкала 4, ГОСТ 5950-73 или шкала 5 ГЦСТ 8233-56), а также отдельные весьма крупные карбидные выделения.

Твердость основного металла имела как заниженные (24HRC), так и завышенные значения (50 HRC). Существующие требования по твердости к стали 3Х2В8Ф, как отмечалось выше, составляют 30-35HRC.. На исследованных матрицах помимо карбидной неоднородности и несоответствующей твердости, были выявлены и другие дефекты, такие как трещины и недостаточная глубина азотированного слоя, а также сохранение ориентированной структуры.

Как показали исследования, причины снижения стойкости пресс-форм на предприятии можно разделить на два вида:

- независящие от предприятия – карбидная неоднородность исходных поковок;
- зависящие от предприятия – некачественное выполнение процессов объемной термической обработки и химико-термической обработки.

Для повышения стойкости пресс-форм в условиях исследуемого производства необходимо выполнить следующее.

Устранить карбидную неоднородность в структуре металла. Наиболее эффективно это может быть достигнуто только многократной перековкой, что технически невозможно на данном предприятии. Однако, определенного выравнивания структуры плохо прокованных заготовок можно достичь путем предварительной термической обработки по режиму: закалка в масле от 1080-1100°С и отпуск при 740-760°С в течении 6-8 часов. Перейти на изготовление сборных пресс-форм, что позволит решить вопрос с перековкой и устранением карбидной неоднородности. - Заменить сталь 3Х2В8Ф на более стойкую. Наиболее эффективными являются коррозионностойкие стали, в частности, 2Х9В6. Провести работы по выбору эффективного современного метода упрочнения и защиты поверхности пресс-форм вместо существующего способа азотирования (как то ионная имплантация, металлизация и др.). Проводить низкий отпуск для снятия напряжений в процессе механической обработки по режиму 250-300° С длительностью 3 часа и не позднее, чем через 3 часа после механической обработки.