

О МЕХАНИЗМЕ ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ ПРЕСС-ФОРМ
ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ И ВОЗМОЖНЫХ ПУТЯХ
ПОВЫШЕНИЯ ИХ СТОЙКОСТИ

Пресс-формы для литья под давлением алюминиевых и медных сплавов должны быть, по-видимому, выделены как вид инструмента, работающий в наиболее тяжелых условиях. От всех других типов инструмента они отличаются прежде всего тем, что в процессе работы непрерывно взаимодействуют с расплавами металлов, способных образовывать с железом фазы переменного состава - твердые растворы и различные соединения в широком концентрационном интервале.

В литературе /1/ указывается значительное число марок сталей, предназначенных для изготовления таких пресс-форм. Среди них, наряду с высоколегированными (3Х2В8Ф) и известными их заместителями (4Х8В2), имеется ряд марок, в которых основным легирующим элементом является хром (например, 4Х5МФС). Однако опыт показывает, что несмотря на постоянно возрастающую дефицитность вольфрама сталь 3Х2В8Ф и в настоящее время остается основным материалом ответственных пресс-форм. Между тем современное состояние термической и химико-термической обработки сталей позволяет обеспечить замену этого дорогостоящего материала дешевыми сталями при одновременном значительном повышении стойкости инструмента.

Практически единственный вид химико-термической обработки, более или менее широко применяемый в настоящее время на производстве для повышения стойкости пресс-форм - это азотирование /2/. Однако в данном случае азотирование является паллиативным решением, поскольку механизм разрушения поверхности азотированной пресс-формы такой же, как и неазотированной.

Учитывая сказанное, можно считать очевидной необходимость специального рассмотрения механизма выхода из строя пресс-форм литья под давлением металлов, активно взаимодействующих в расплавленном состоянии с железом-основой материала формы. Механизм процессов, предшествующих выходу формы из строя, представляется нам следующим.

При первых заливках пресс-формы расплавленным металлом (сплавом алюминия или меди) поверхности рабочих частей формы покрываются пленкой окислов железа (по-видимому, в состав пленки входят все три окисла, включая FeO , так как температура расплава всегда выше 560° - эвтектидной точки системы железокислород). Поэтому пленка не отличается плотностью и защитными, присущими окислам железа при температурах ниже $550^{\circ}C$. Присутствие в материале пресс-формы 8% вольфрама, из которых не менее 4% находятся в твердом растворе, также не способствует повышению скалинстойкости материала.

Взаимодействие окисной пленки с заливаемым в форму алюминием сопровождается следующими процессами:

восстановлением окислов железа алюминием; образующиеся при этом частицы корунда, уносимые потоком металла, действуют как дополнительный эродирующий фактор;

эрозией окисной пленки загрязнениями смазки (песок, опилки металла);

смазывающим и восстановительным действием сажи, образующейся при разложении смазки в условиях недостатка кислорода;

механической эрозией окисной пленки потоком заливаемого металла;

растрескиванием пленки в результате действия тепловых.

Из сказанного следует, что, хотя нагрев пресс-формы создает тенденцию к постоянному возобновлению слоя окислов, этот слой не может служить достаточно надежным диффузионным барьером между расплавом и материалом пресс-формы.

Производственный опыт показывает, что основной причиной выхода из строя пресс-форм литья под давлением является не ухудшение качества их поверхности вследствие возникновения сетки разгарных трещин, а взаимодействие расплава с поверхностью формы, заканчивающееся эрозией выступающих частей рабочей поверхности и "прихватыванием" к ним кристаллизующегося расплава.

Нами было произведено металлографическое, микродиаметрическое и рентгеноструктурное исследование места "прихватывания" (диффузионной сварки) материала пресс-формы и силуминового литника. Было установлено следующее:

I. Металлографическое исследование показывает наличие диффузионного (по видимому, эпитированного, т.е. насыщенного алюми-

нием) слоя на поверхности, взаимодействовавшей с силуминовым расплавом, плавное увеличение травимости, наличие строчки крупных карбидов, расположенной параллельно поверхности пресс-формы на постоянном расстоянии от нее - результат оттеснения углерода вглубь при насыщении поверхности алюминием.

2. Измерение микротвердости по глубине описанного слоя показывает, что поверхностной зоне пресс-формы твердость превышает среднюю почти в 3 раза. Поскольку это увеличение твердости нельзя объяснить наклепом, оно, по-видимому, является следствием диффузионного элитирования. Небезынтересно и то, что твердость силумина в непосредственной близости от поверхности контакта также увеличена, т.е. имеет место также и диффузия железа и других компонентов стали в алюминиевый сплав.

3. Фазовый рентгеноструктурный анализ места сварки стали и силумина показывает наличие фаз Fe_2Al_5 (наиболее устойчивый алюминид железа, обычно образующийся при элитировании сталей) и Cr_5Al_8 (наиболее устойчивый алюминид хрома).

Таким образом, можно считать установленным, что эрозии металлическим расплавом предшествует диффузионное насыщение металла пресс-формы алюминием с образованием алюминидов (прежде всего алюминидов хрома, являющегося в стали 3Х2В8Ф наиболее активным алюминидообразователем). Поэтому стойкость материала пресс-формы, по-видимому, может быть значительно повышена созданием на его поверхности слоя фазы, не смачиваемой алюминиевым расплавом и слабо взаимодействующей с ним.

Роль такого покрытия, по-видимому, могли бы сыграть оксидные или металлоподобные фазы, обладающие высокой твердостью, теплостойкостью и малой диффузионной проницаемостью. Оксидирование пресс-форм из стали 3Х2В8Ф широко практикуется на производстве и в настоящее время; однако по причинам, изложенным выше, пленка оксидов железа не может служить долговременной защитой поверхности формы.

Нами было проведено испытание втулок пресс-форм из стали 3Х2В8Ф, подвергнутых диффузионному борированию на глубину 100 мк в порошкообразных и жидких средах. Втулка является наиболее тяжело нагруженной деталью формы: будучи постоянно нагретой до температуры не ниже $500^{\circ}C$, она подвергается эрозионному воздействию потока металла под значительным давлением (до 10-12 кг/см²).

Стойкость этой детали в состоянии стандартной термообработки и оксидирования не превышает 500-1000 прессовок. Обработанные нами втулки после 3600 прессовок оказались пригодными к дальнейшему использованию. Таким образом, борирование может служить действенным методом повышения стойкости пресс-форм, поскольку боридный слой, состоящий из фаз FeB и Fe_2B , не смачивается алюминием и не растворяет его.

Учитывая последнее, необходимо сделать вывод: в случае использования борированной пресс-формы состав материала ее металлической основы существенной роли не играет. Испытанные втулки из стали 3Х2В8Ф не были подвергнуты термической обработке после борирования и, тем не менее, показали весьма высокую стойкость. По влиянию на структуру стали процесс борирования ($950^{\circ}C$, 4-6 часов) может быть приравнен к отжигу; твердость стали 3Х2В8Ф после такой операции практически не отличается от твердости углеродистой инструментальной стали У8. Поэтому высоколегированная сталь в данном случае при определенных условиях (простая форма детали - плоскость, цилиндр, конус, - и равномерно распределенное давление расплава) может быть заменена средне- или высокоуглеродистой.

Проведенные нами исследования показали, что эффект значительного повышения стойкости пресс-формы может быть достигнут также созданием на ее поверхности карбидного слоя, например путем хромирования или хромотитанирования углеродистой стали.

В качестве дополнительной меры, повышающей стойкость поверхности пресс-формы, может быть рекомендовано окисление боридных или карбидных слоев. Образующиеся при этом стойкие окислы (Cr_2O_3 , TiO_2 , B_2O_3) могут служить дополнительным диффузионным барьером, препятствующим взаимодействию расплава с металлом формы.

Л и т е р а т у р а

Г е л д е р Ю. А. Инструментальные стали. Изд. 3-е. "Металлургия", 1968.

Н о в и к А. А., К р ы л о в В. И., П е т р и ч е н к о А. А. В сб. "Защитные покрытия на металлах", вып. 5, Киев, "Наукова думка", 1971.