

Повышение стойкости биметаллических образцов объясняется снижением термических напряжений, возникающих в образцах при термоциклировании. Это достигается за счет уменьшения толщины стенки кокиля и снижения в ней градиента температур.

Полученные таким способом биметаллические постоянные формы показали хорошую работоспособность в производстве.

УДК 621.746.6:589.4

А.М.Дмитрович,С.С.Гурин,И.И.Кугейко

### ТЕРМИЧЕСКИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В КОЛЬЦЕВЫХ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОТЛИВКАХ С ЛЕГКОПЛАВКИМ ПРОМЕЖУТОЧНЫМ СЛОЕМ

Определение остаточных напряжений, возникающих при получении биметаллических отливок, представляет практический интерес, так как эти напряжения оказывают одно из определяющих влияний на качество отливки.

Температурные напряжения, возникающие в кольцевых биметаллических отливках, обуславливаются в основном двумя причинами: неравномерностью температурного поля и препятствием усадке кольцевой части отливки 2 (рис.1) со стороны цилиндрического сердечника 1 с обратным воздействием кольцевой части отливки на сердечник.

Если между цилиндрической и кольцевой частями отливки находится легкоплавкий промежуточный слой 3, нанесенный заранее на цилиндрическую часть отливки, то он при частичном расплавлении залитым сплавом 2 снижает термические напряжения, поскольку часть расплавленного промежуточного слоя будет выдавлена силами усадки отливки в специальную полость формы 4 и не окажет существенного сопротивления температурному сжатию кольцевой части отливки. Только после полного затвердевания промежуточного слоя возникает силовое взаимодействие между кольцевой и цилиндрической частями отливки, влияющее на их напряженное состояние.

В этом случае для решения задачи определения термических напряжений в биметаллической отливке с легкоплавким промежуточным слоем следует установить:

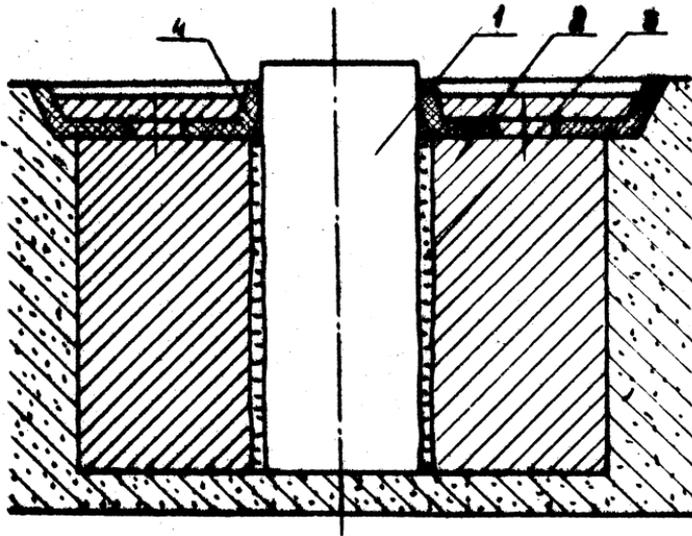


Рис. I. Схема получения биметаллической отливки

1) термические напряжения до момента затвердевания легкоплавкого промежуточного слоя (в предположении, что часть расплава промежуточного слоя остается в отливке);

2) термические напряжения после затвердевания расплава промежуточного слоя;

3) остаточные термические напряжения после окончательного остывания отливки.

Эти задачи будут решаться в предположении, что, начиная с момента затвердевания промежуточного слоя, поведение материала концевой и цилиндрической частей отливки можно считать упругим.

Используя уравнение асимметричной задачи термоупругости и проведя математические преобразования применительно к условиям получения биметаллических отливок с легкоплавким промежуточным слоем, получаем:

а) термоупругие напряжения до момента затвердевания расплавляющегося промежуточного слоя

$$\sigma_{рас}^{(0)} = \alpha_1 E_1 \left[ \frac{1}{r_1} \int_0^{r_1} (T_1 - T_0) z dz - \frac{T_1 - T_0}{2} \right], \text{ кг/мм}^2;$$

$$\sigma_{окр}^{(1)} = \alpha_1 E_1 \left[ \frac{1}{R_1^2} \int_0^{R_1} T(z) z dz + \frac{1}{2} \int_0^z T(z) z dz - (T_1 - T_0) \right], \text{ кг/мм}^2;$$

$$\sigma_{рад}^{(2)} = \alpha_2 E_2 \left[ \frac{1}{R_2^2 - R_1^2} \left( 1 - \frac{R_1^2}{z^2} \right) \int_0^{R_1} T(z) z dz - \frac{1}{2} \int_0^z T(z) z dz \right], \text{ кг/мм}^2;$$

$$\sigma_{окр}^{(2)} = \alpha_2 E_2 \left[ \frac{1}{R_2^2 - R_1^2} \left( 1 + \frac{R_1^2}{z^2} \right) \int_0^{R_1} T(z) z dz + \frac{1}{2} \int_0^z T(z) z dz - (T_1 - T_0) \right], \text{ кг/мм}^2;$$

б) термоупругие напряжения после затвердевания промежуточного слоя

$$\sigma_{рад}^{(1)} = A_1 - \frac{\alpha_1 E_1}{z^2} \int_0^z T(z) z dz, \text{ кг/мм}^2;$$

$$\sigma_{окр}^{(1)} = A_1 + \frac{\alpha_1 E_1}{z^2} \int_0^z T(z) z dz - \alpha_1 E_1 (T - T_0), \text{ кг/мм}^2;$$

$$\sigma_{рад}^{(2)} = A_2 + \frac{B_2}{z^2} - \frac{\alpha_2 E_2}{z^2} \int_0^z T(z) z dz, \text{ кг/мм}^2;$$

$$\sigma_{окр}^{(2)} = A_2 - \frac{B_2}{z^2} + \frac{\alpha_2 E_2}{z^2} \int_0^z T(z) z dz - \alpha_2 E_2 (T - T_0), \text{ кг/мм}^2;$$

в) термоупругие остаточные напряжения после окончательного остывания отливки

$$\tilde{\sigma}_{рад}^{(1)} = A_1, \text{ кг/мм}^2;$$

$$\tilde{\sigma}_{окр}^{(1)} = A_1, \text{ кг/мм}^2;$$

$$\tilde{\sigma}_{рад}^{(2)} = A_2 + \frac{B_2}{z^2}, \text{ кг/мм}^2;$$

$$\tilde{\sigma}_{окр}^{(2)} = A_2 - \frac{B_2}{z^2}, \text{ кг/мм}^2.$$

По полученным формулам были вычислены термоупругие остаточные напряжения в отливке, размеры и температурное поле которой приведены на рис.2

Материал цилиндрической части отливки - сталь ст.3, материал кольцевой части отливки - серый чугун, материал промежуточного слоя - алюминий марки А0. Биметаллическую отливку получали литьем чугуна в сырую песчано-глинистую форму при  $T_{вал.} = 1860^\circ\text{C}$ . Цилинд-

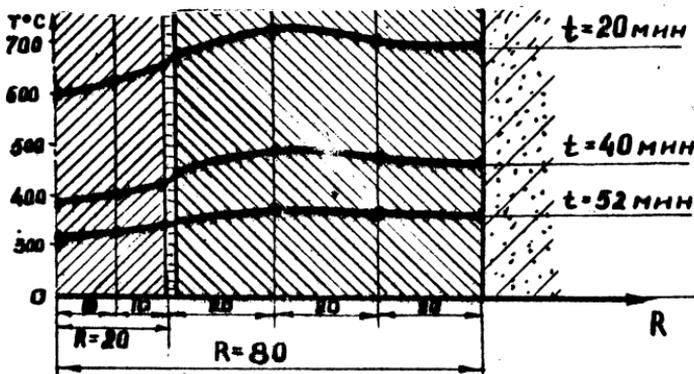


Рис.2. Температурное поле биметаллической отливки

рической часть отливки с заранее нанесенным на ее поверхность слоем алюминия устанавливалась в форму без подогрева.

На основании снятого температурного поля отливки были проведены расчеты остаточных термоупругих напряжений. Данные расчетов приведены на рис.3.

Как видно из рис.3, остаточные напряжения в биметаллических отливках с легкоплавким промежуточным слоем находятся в допустимых пределах прочности для материалов цилиндрической и кольцевой части отливки.

Нормальные напряжения  $\sigma_r$  в момент кристаллизации промежуточного слоя, а также и в дальнейшем до  $T = 450^\circ\text{C}$  в промежуточном слое равны нулю. Отсутствие нормальных напряжений  $\sigma_r$  в интервале  $685-450^\circ\text{C}$  объясняется "текучестью" промежуточного слоя. В дальнейшем, после окончательного затвердевания промежуточного слоя, начинается жесткое силовое взаимодействие кольцевой и цилиндрической частей отливки. Нормальные напряжения в этот момент и в дальнейшем до полного остывания отливки характеризуются положительным знаком, т.е. отливка испытывает напряжение сжатия, однако во много раз меньше, чем в биметаллических отливках без промежуточного слоя. Объясняется это тем, что силовое взаимодействие обеих частей отливки начинается лишь с момента полного затвердевания промежуточного слоя, т.е. с незначительных температур.

Касательные напряжения в первоначальный момент ( $t = 20$  мин) характеризуются отрицательным знаком в кольцевой и равноименными

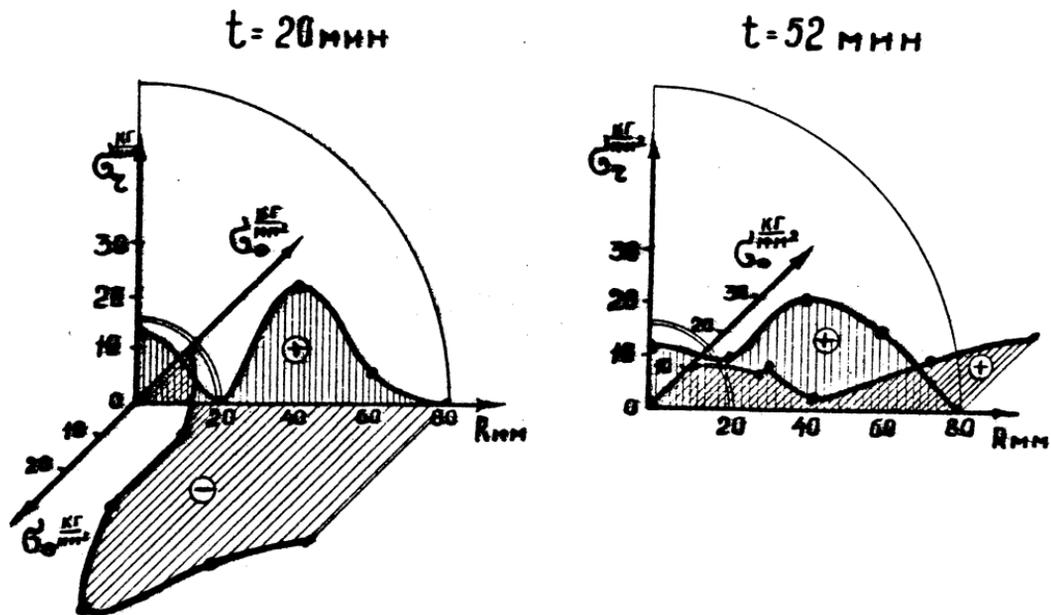


Рис.3. Эпюры временных напряжений в биметаллической отливке

знаками в цилиндрической части отливки. Затем идет уменьшение растягивающих напряжений ( $t = 52$  мин), и биметаллическая отливка испытывает только напряжение сжатия. Резкие перепады напряжений на наружной поверхности цилиндрической и внутренней поверхности кольцевой части отливки характеризуются перепадом температур в данных частях.

Применение легкоплавкого промежуточного слоя в биметаллических отливках позволяет уменьшить величины усадочных напряжений и дает возможность получать отливки практически с любыми соотношениями масс вставки и отливки.

УДК. 621.745.5:669.181.7 В.К.Винокуров, С.В.Киселев,  
С.А.Вербицкий

#### МОДИФИЦИРОВАНИЕ ЧУГУНА В ОТКРЫТОМ КОВШЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИМ МАГНИЕМ

В настоящее время обработка жидкого чугуна магнием осуществляется главным образом в автоклавах и специальных герметизированных ковшах, что удлиняет технологический цикл и удорожает стоимость чугуна. При использовании эффективных магниевых лигатур не требуется сложных установок. Их ввод производится простыми способами, но такие лигатуры содержат дорогостоящие материалы — никель и медь.

Новый способ обработки жидкого чугуна металлическим магнием разработан на кафедре литейного производства черных и цветных металлов Белорусского политехнического института / I /. Сущность этого способа заключается в том, что кусок металлического магния запрессовывается в оболочку из порошка тугоплавкого металла. Оболочка является не только защитным покрытием, но и одновременно, обладая определенной пористостью, играет роль регулятора давления для магния. Погруженный принудительно на дно ковша брикет с магнием обеспечивает прохождение паров магния через всю толщину металлической ванны, что гарантирует его высокое усвоение расплавом. Кроме того, интенсивное перемешивание чугуна парами магния способствует быстрому удалению из расплава продуктов реакции (сульфида магния, оксида магния), имеющих сравнительно низкую плотность.