



*The technology of the slug production and ways of elimination of possible shrink defects is stated in details in the article. It is offered to use face disks of bimetallic slugs steel-aluminium bronze.*

В. А. ЗЕМЦОВ, Д. А. МЕШКОВ, И. О. САЗОНЕНКО, ИТМ НАН Беларуси

УДК 621.74.047

## МЕТОД ИЗГОТОВЛЕНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ДИСКОВ СТАЛЬ – АЛЮМИНИЕВАЯ БРОНЗА

В настоящее время на РУПП «Станкозавод «Красный Борец» (г. Орша) в гидростанциях, обеспечивающих рабочее движение суппорта шлифовального станка, используются пластинчато-роторные масляные насосы. Одна из ответственных деталей насоса — торцовые диски. Они выполняют функцию распределительного золотника и одновременно обеспечивают уплотнение в системе ротор — корпус насоса по торцовым поверхностям. Условия эксплуатации в данном антифрикционном узле жесткие. В зазоре между ротором и торцовым диском происходит интенсивное кавитационное изнашивание. Этому способствует изменение давления масла в рабочей камере при прохождении ротора через зоны всасывания и нагнетания, а также наличие «мертвых» зон в конструкции насоса. Такие условия работы требуют тщательного подхода к выбору материалов антифрикционной пары ротор — торцовые диски. Наиболее приемлемым материалом для торцовых дисков является алюминиевая бронза, имеющая высокую эксплуатационную стойкость при данном характере износа [1].

Алюминиевая бронза обладает рядом специфических литейных свойств. Наблюдаемые часто пороки в виде грубых плен в фасонных отливках из этих сплавов связаны с повышенной окисляемостью алюминия, входящего в их состав. Наличие этих плен в теле отливки связывают в основном с условиями разливки и заполнения литейной формы, поскольку при этом всплытие образующихся плен в большинстве случаев невозможно. Сложность получения качественной отливки из алюминиевой бронзы и значительная стоимость торцовых дисков, полностью изготовленных из бронзы, предопределили необходимость применения биметалла при изготовлении данной детали.

В ИТМ НАН Беларуси разработана технология получения плоских биметаллических заготовок с использованием индукционного нагрева. На рис. 1 приведена схема получения биметаллических заготовок.

Заготовка из стали 20 (ГОСТ 380-88) диаметром 165 мм и толщиной 75 мм имеет буртик высотой 20 мм. Предварительно заготовку подвергали дробеструйной обработке. В полость, сформированную буртиком, помещали навеску алюминиевой бронзы БрАЖ 9-4 ГОСТ 613-79 в виде компактных кусков необходимой массы и сверху засыпали флюс. В качестве флюса использовали криолит технической чистоты, прокаленный при 600 °С в течение 2 ч.

Заготовку устанавливали на подставку, расположенную под кольцевым индуктором высокочастотной установки. Кольцевой индуктор с количеством витков, равным 3, имеет внутренний диаметр 175 мм, высоту 50 мм и изготовлен из медной трубки диаметром 8 мм. Индуктор изолирован от стальной заготовки листовым асбестом толщиной 5 мм. Источником высокочастотных колебаний служил генератор ВЧГ 1-60/0,066У3.

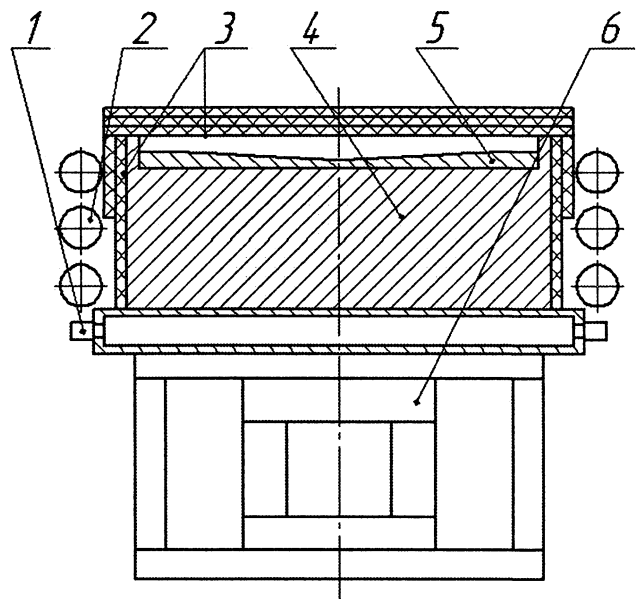


Рис. 1. Схема получения плоских биметаллических заготовок: 1 — подставка; 2 — индуктор; 3 — теплоизоляционный материал; 4 — стальная основа; 5 — наплавленный слой; 6 — пневматическое вибрационное устройство

Разогрев стальной заготовки и плавление шихты производили при мощности высокочастотных колебаний, равной 4,2 кВт. Температуру поверхности расплава фиксировали с помощью пирометра «ЛУЧ-С». После разогрева стальной заготовки и плавления шихты температуру расплава доводили до 1050 °С, выдерживали при данной температуре в течение 1,5 мин и отключали генератор высокочастотных колебаний. Остывание отливки происходило естественным путем.

Используемая для наплавки алюминиевая бронза обладает повышенной по сравнению с оловянными бронзами усадкой и обычно дает в процессе затвердевания концентрированную усадочную раковину [2]. В большинстве случаев в биметаллической отливке торцевого диска при толщине бронзового слоя, не превышающем 15 мм, наблюдается не одна концентрированная усадочная раковина, а несколько. На рис. 2 показана биметаллическая отливка после механической обработки с глубиной удаленного слоя, равной 8 мм.



Рис. 2. Биметаллическая отливка сталь – алюминиевая бронза

Характерная глубина усадочных раковин колеблется от 5 до 15 мм и практически очень часто основание усадочной раковины доходит до стальной подложки.

В процессе проведения экспериментов с целью улучшения формообразования наплавленного слоя на стальную заготовку накладывали механические колебания. Источником механических колебаний служит пневматический вибратор. На рис. 3 приведена схема пневматического вибратора. Вибратор представляет собой корпус 1 с находящимся в нем подпружиненным золотником 2. Имеющиеся на золотнике кольцевые канавки обеспечивают попеременное соединение надзолотникового и подзолотникового пространства с магистралью сжатого воздуха и атмосферой. Амплитуда и частота колебаний зависят от конструктивных особенностей пневматического вибратора и давления сжатого воздуха, подводимого к нему.

Механические колебания подводили к биметаллической отливке начиная с момента отключения высокочастотного генератора и до

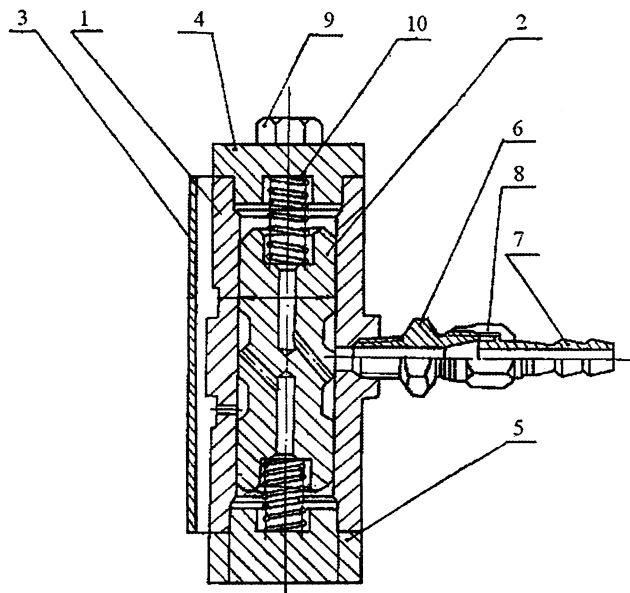


Рис. 3. Схема пневматического вибратора: 1 – корпус; 2 – золотник; 3 – кожух; 4 – фланец верхний; 5 – фланец нижний; 6 – штуцер; 7 – ниппель; 8 – гайка; 9 – болт; 10 – пружина

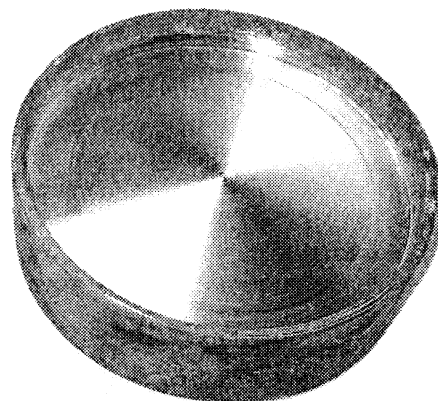
момента окончания затвердевания. Интенсивность воздействия вибрации на отливку характеризовалась давлением сжатого воздуха, подводимого к пневматическому вибратору. В ходе проведения экспериментов было установлено, что минимальное давление сжатого воздуха, подводимого к пневматическому вибратору, при котором наблюдается положительное влияние механических колебаний на процесс затвердевания, находится на уровне  $1,5 \pm 0,2$  атм. Оптимальная величина давления сжатого воздуха, подводимого к пневматическому вибратору, находится в пределах  $2,5 \pm 0,5$  атм. При оптимальных параметрах механических колебаний полностью устраняется множественность усадочных раковин и появляется одна усадочная раковина с максимальной глубиной в центральной части не более 2–3 мм. На рис. 4, а показана биметаллическая отливка, полученная с наложением механических колебаний на бронзовый слой в процессе его затвердевания, на рис. 4, б – биметаллическая отливка после механического удаления бронзового слоя толщиной 4 мм.

Использование вибрации проявляется в модифицирующем воздействии на структуру наплавленного слоя [3].

1. Колебания способствуют смачиванию расплавом поверхности стальной основы, что облегчает теплоотвод от расплава и способствует формированию надежного соединения. Это объясняется разрушением покровных пленок, что приводит к улучшенному смачиванию стальной основы, в результате



*a*



*б*

Рис. 4. Биметаллическая отливка, полученная методом наложения механических колебаний на затвердевающий бронзовый слой: *a* – без обработки; *б* – после механической обработки наплавленного слоя

чего увеличивается скорость охлаждения расплава и измельчается структура наплавленного слоя.

2. Наложение колебаний способствует разобшению шейкообразных кристаллов со стенкой литейной формы, что приводит к формированию равноосных кристаллов.

3. Колебания разрушают корку металла на поверхности расплава, в результате чего улучшаются условия удаления газов из расплава и снижается газовая пористость.

В условиях отсутствия над расплавленным бронзовым слоем тепловой надставки в виде значительного объема жидкого перегретого флюса или слоя экзотермической смеси неизбежно будет происходить кристаллизация и на поверхности расплава. Даже при наличии теплоизолирующего материала над биметаллической отливкой затвердевшая часть металла будет иметь конфигурацию, сходную с представленной на рис. 5.

Выступающая часть твердой корочки на уровне свободной поверхности имеет низкую прочность и может легко разрушаться под действием вибрации. Характерная особенность воздействия вибрации на конечный объем жидкости заключается в наличии максимальной амплитуды возмущения на границе жидкость–газ. Другими словами, максимально колеблются поверхностные слои жидкого бронзового слоя, что приводит к интенсивному разрушению поверхностной твердой корочки. Образующиеся в результате диспергирования фрагменты твердой фазы могут являться эффективными центрами кристаллизации. При условии большей плотности твердой фазы по сравнению с жидкой разобщенные кристаллические фрагменты затвердевших поверхностных слоев металла будут осажаться на дно отливки. Вследствие этого увеличение concentra-

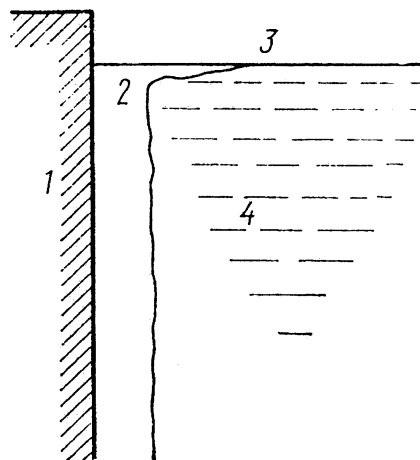


Рис. 5. Конфигурация твердой корочки на начальной стадии затвердевания бронзового слоя: 1 – стальная основа; 2 – твердая корочка; 3 – поверхность расплава; 4 – жидкость

ции центров кристаллизации в нижележащем слое расплава создаст условия, благоприятствующие формированию фронта затвердевания, направленного снизу вверх, что приводит к образованию неглубокой усадочной раковины.

Таким образом, использование наложения механических колебаний в процессе затвердевания бронзового слоя при производстве биметаллических отливок позволило существенно сократить количество брака по литью и уменьшить расход бронзы на единицу изделия.

### Литература

1. Литейные бронзы / Под. ред. К.П. Лебедева. Л.: Машиностроение, 1973. С. 260–277.
2. Цветное литье: Справ. / Н.М. Галдин, Д.Ф. Чернега, Д.Ф. Иванчук и др. М.: Машиностроение, 1989. С. 197–212.
3. Оно А. Затвердевание металлов. М.: Metallurgy, 1980.