



The technology of worm-wheel production, based on mechanical amalgamation of bronze crown with hub is described. The technology of production of the worm-wheel bimetallic ingots in chill and by means of liquid forging is considered. The technology of production of bimetallic ingots by means of electroslag melting (ESM) is described and advantages of this method in comparison to the previous one are indicated.

Е. И. МАРУКОВИЧ, В. А. ЗЕМЦОВ, И. О. САЗОНЕНКО, В. Н. РЯБОВ, ИТМ НАН Беларуси,
О. А. ТИХОНОВИЧ, В. И. СОТНИКОВ, РУП «Завод «Могилевлифтмаш»

УДК 621.791

ПОЛУЧЕНИЕ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК ЧЕРВЯЧНЫХ КОЛЕС МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОГО ПЕРЕПЛАВА

В главном приводе лифтов, выпускаемых заводом «Могилевлифтмаш», применяется червячная передача. Наиболее ответственная деталь передачи — червячное колесо. Конструктивно червячное колесо может быть выполнено бандажированным, болтовым, сплошным, составным литым, т.е. биметаллическим [1]. В настоящее время на заводе применяется бандажированная конструкция червячного колеса (рис. 1). Существующая технология изготовления червячного колеса включает в себя предварительные механическую обработку венца, ступицы, напрессовывание венца на ступицу, сверление и нарезание резьбы, установку болтов и их фиксацию, окончательную механическую обработку червячного колеса. Большая часть затрат в производстве червячных колес, таким образом, приходится на долю значительного объема станочных операций.

Существенное снижение себестоимости можно обеспечить применением литейных технологий, позволяющих получать биметаллические заготовки червячных колес, тем самым исключая необходимость в ранее названных операциях, связанных с посадкой и креплением бронзового венца на ступице [2]. Одним из литейных способов является центробежное литье. В этом случае (рис. 2) технологический процесс сводится к установлению нагретой ступицы внутрь изложницы центробежной машины, куда после ее пуска заливается точно дозированная порция бронзы. Материал литого бронзового слоя характеризуется повышенной плотностью, пониженным содержанием неметаллических и газовых включений. Однако процессу присущ ряд недостатков. В первую очередь наличие больших прибыльных колец, которые следует удалять в процессе последующей механической обработки. Вынос неметаллических включений на внутреннюю поверхность расплава при центробежном литье создает трудности в получении качественного переходного слоя

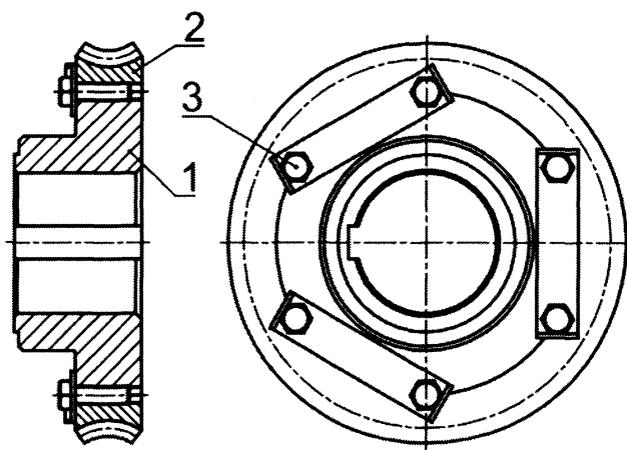


Рис. 1. Бандажированное червячное колесо: 1 — чугунная ступица; 2 — бронзовый бандаж; 3 — стопорный болт

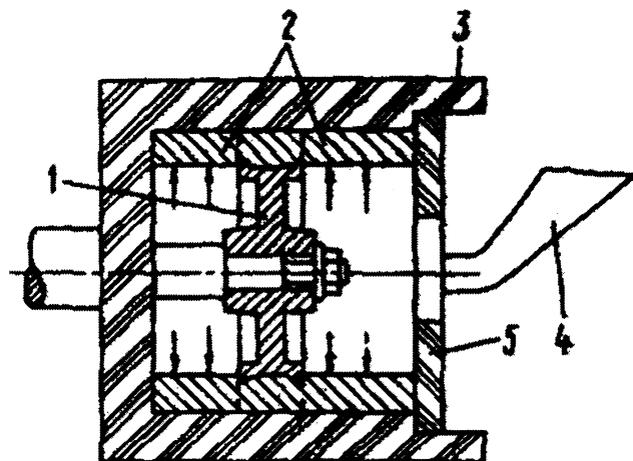


Рис. 2. Схема центробежной заливки зубчатого колеса: 1 — ступица; 2 — заливаемый сплав; 3 — вращающаяся изложница; 4 — заливочный лоток; 5 — крышка

между ступицей и литым венцом. Необходимость совершать манипуляции с разогретой до высокой температуры ступицей при ее установке в изложницу также можно отнести к недостаткам данной технологической схемы.

Некоторое распространение получило литье биметаллических зубчатых колес в кокиль [3]. Возможность достаточно легкого получения профиля зубьев в процессе литья в кокиль является преимуществом в некоторых случаях. Такие зубчатые колеса применяются в неответственных червячных передачах с пониженными требованиями к геометрии сопряжения червяк-зубчатое колесо. Литью в кокиль присущи те же недостатки, что и для центробежного литья (наличие значительных прибылей, контакт расплава с атмосферой и т.п.). Существенно уступая по характеристикам литого бронзового слоя центробежнотитым, способ литья в кокиль нашел ограниченное применение при производстве редукторов, используемых в областях, не связанных с обеспечением непосредственной безопасности людей.

Этих недостатков в значительной степени лишена схема получения биметаллических колес с применением электрошлакового переплава (ЭШП). В отличие от обычной технологии литья технология ЭШП предусматривает одновременное непрерывное плавление и кристаллизацию жидкого металла в литейной форме-кристаллизаторе. Бронзовый расходуемый электрод плавится теплом, генерируемым в шлаке электрическим током. Жидкий металл с оплавленного конца электрода, постоянно погруженного в шлаковую ванну, заполняет кристаллизатор, не соприкасаясь с воздухом. Кристаллизатор при этом является одновременно местом плавления, а также формирования отливки. На рис. 3 схематически показан метод производства литых биметаллических червячных колес, разрабатываемый в ГНУ «ИТМ НАН Беларуси». Чугунная ступица 9 устанавливается с помощью центрирующего стержня 8 внутри водоохлаждаемого кристаллизатора 3. Кольцевой электрод 1 вводится в полость между кристаллизатором и чугунной ступицей с необходимым зазором до технологического поддона 7. Порция флюса 4, расплавляемого в флюсоплавильной печи (на схеме не показана), заливается в полость между кристаллизатором и ступицей. Способ такой инициации электрошлакового процесса называется «жидким стартом», обеспечивает максимальную скорость выхода на рабочий режим, сокращая до минимума начальную часть слитка.

Рассмотрим более подробно преимущества, предоставляемые ЭШП при изготовлении биметаллических колес. Отметим в первую очередь высокие механические свойства металла электрошлакового переплава, в ряде случаев не уступающие горячепрессованным [4]. Шлаковая ванна, температура которой на 200–300°C выше температуры плавления металла расходуемого электрода, является активной рафинирующей средой, ассимилирующей у проходящего через нее жидкого металла неметаллические включения. Та же шлаковая ванна служит надежной защитой жидкого

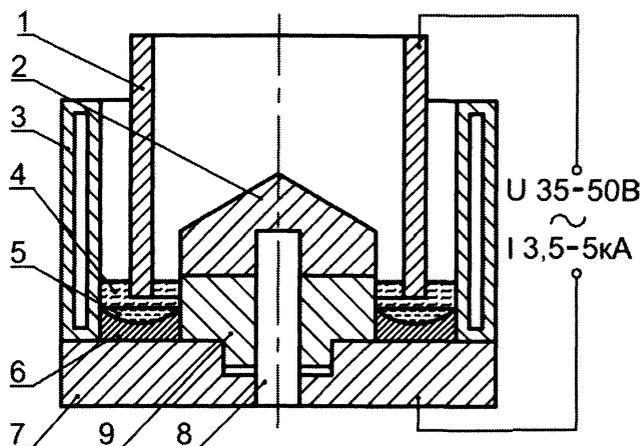


Рис. 3. Технологическая схема получения червячных колес методом ЭШП: 1 – плавающий кольцевой электрод; 2 – технологическая надставка; 3 – водоохлаждаемый кристаллизатор; 4 – жидкий флюс; 5 – ванна металлического расплава; 6 – затвердевший металл; 7 – технологический поддон; 8 – центрирующий стержень; 9 – чугунная ступица

металла от окисления кислородом атмосферы. Отсутствие угара легирующих элементов обеспечивает постоянство химического состава относительно переплавляемого электрода. Все это в значительной степени определяет высокую плотность литого металла, отсутствие трещин и неметаллических включений. Шлаковая ванна оказывает положительное влияние и на формирование качественной переходной зоны биметаллического соединения. Активные компоненты шлака не только защищают поверхность ступицы и расплава от воздействия атмосферы, они также производят очистку ступицы от оксидов, различного рода загрязнений и обеспечивают эффективное смачивание поверхности расплавом [5].

Исследования теплового баланса слитков ЭШП показывают, что основным источником тепла, которое получает металлическая ванна, являются перегретые капли расплавленного металла, падающие с электрода [6]. Равномерное поступление тепла в металлическую ванну при высоком коэффициенте заполнения кристаллизатора электродом приводит к образованию мелкой металлической ванны с плоским дном. Наличие небольшого объема расплава, поднимающегося вверх по мере наплавки слитка, обеспечивает направленное затвердевание металла и сводит к минимуму усадочные явления в его верхней части.

Качество биметаллического соединения медь-железо определяется составом и структурой наплавленного металла и зоны термического влияния. Даже кратковременное сосуществование твердой и жидкой фаз при наплавке приводит к образованию твердых растворов или химических соединений вблизи зоны сплавления [4]. Медь, находясь в жидком состоянии, взаимодействует с железом, образует твердый раствор замещения на основе γ -железа с максимальной концентрацией меди в растворе до 8% [7]. При охлаждении

растворимость меди в железе понижается. Снижение растворимости при охлаждении меди сопровождается выделением по границам γ - и α -железа богатой медью ϵ -фазы, в результате чего при комнатной температуре в α -железе содержится 0,2–0,35 % меди. Выделение по границам зерен богатой медью ϵ -фазы повышает прочность, но снижает пластические свойства и ударную вязкость переходной зоны биметаллического соединения. Диффузия меди в железо протекает в основном по межзеренным границам. Скорость этой диффузии увеличивается с уменьшением размеров зерна. Проникновению меди в железо способствует водород, который диффундирует в сторону участков с большей температурой и образует затем микроскопические трещины-надрывы. Средняя глубина проникновения меди в тело железной детали составляет 0,5–0,6 мм, но при длительном контакте достигает 3 мм. Таким образом, чтобы избежать глубокого проникновения меди, необходимо свести к минимуму время сосуществования и площадь контакта между металлическим расплавом и ступицей. Как отмечалось выше, для ЭШП характерно наличие мелкой металлической ванны. В свою очередь это приводит к небольшой величине зоны взаимодействия расплава и ступицы, ограниченной цилиндрической вертикальной частью металлической ванны. Поступательное перемещение этой зоны по поверхности ступицы в процессе наплавки отливки также благоприятно сказывается на формировании переходной зоны с хорошими значениями пластических свойств. Таким образом, преимуществами метода ЭШП являются.

1. При ЭШП осуществляется полная защита расплавленного металла от воздействия атмосферы.

2. Шлаковая ванна служит активной рафинирующей средой, ассимилирующей неметаллические включения из расплава.

3. Активные компоненты флюса эффективно очищают поверхность чугуновой ступицы, улучшая условия смачивания поверхности расплавом.

4. Направленное затвердевание, характерное для ЭШП, обеспечивает получение литого металла с высокой плотностью.

5. Неглубокая металлическая ванна и флюсовая шапка, выполняющая функции тепловой надставки, сводит к минимуму усадочные явления в верхней части отливки. Отпадает необходимость в значительных объемах прибыльной части.

6. Небольшая величина зоны взаимодействия расплава с чугуновой втулкой подавляет конвекционные потоки у поверхности раздела твердой и жидкой фазы. Незначительная величина массопереноса у поверхности чугуновой ступицы уменьшает взаимную диффузию железа и меди, что благоприятно сказывается на формировании переходной зоны с высокими механическими свойствами.

Литература

1. Анурьев В.П. Справ. конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т.2. М.: Машиностроение, 1979.
2. Заславский М.Л., Прове Л.А., Шестопал В.М. Производство армированных и биметаллических отливок (Итоги науки и техники). 1979.
3. Шарковский И.В. Биметаллические червячные колеса // Литейное производство. 1975. №7. С. 35.
4. Электршлаковая сварка и наплавка / Под ред. Б.Е.Патона. М.: Машиностроение, 1980.
5. Контактные металлургические процессы при пайке / М.Ф. Лашко, С.В. Лашко. М.: Металлургия, 1977.
6. Электршлаковый переплав. Вып. 3. Материалы 4-го Междунар. симпозиума по процессам электршлакового переплава: Пер. с англ. Киев: Наукова думка, 1975.
7. Ермаков С.С., Вязников Н.Ф. Порошковые стали и изделия. 4-е изд., перераб. и доп. Л.: Машиностроение. Ленинград. отд-ние, 1990.