

находящихся в твердом состоянии, жидким металлом. Композиционное литье представляет собой синтез отдельных элементов детали, которые могут быть выполнены наиболее эффективными методами формообразования для данного элемента (литье, прокат, мехобработка, плазменное напыление, гальванопластика и др.), а также из материалов с требуемыми свойствами. При этом композиционное литье по своей природе гетерогенно; являясь неоднородной физико-химической системой, обладает различными физическими и химическими свойствами в разных частях отливки. Эти части отделены друг от друга поверхностью раздела, на которой скачкообразно изменяются свойства. Решающими здесь являются контактные процессы, осуществляющие связи между элементами. Эти связи можно классифицировать как механические, адгезионные, диффузионные. Распространенными сочетаниями механической связи являются вставки, заливаемые расплавленным металлом (например, цапфы литых опок). При формировании связей адгезионного характера преобладающими являются силы межмолекулярного притяжения – силы Ван-дер-Ваальса, которые развиваются при смачивании расплавом поверхности арматуры. Мерой смачивания является краевой угол смачивания, определяемый уравнением Юнга. На межфазные натяжения оказывают влияние химический состав участников процесса, флюсы, условия заполнения формы (ламинарный или турбулентный режимы), тепловой режим литья, состав газовой фазы и другие факторы. Варьируя эти факторы, можно существенно расширить возможности композиционного литья. Кроме механической и адгезионной связи важную роль играет наличие диффузионной связи. В стадии диффузионного взаимодействия главной составляющей являются дефекты кристаллического строения: чем больше дефектов имеет поверхность зерна, тем выше коэффициент диффузии и надежней связь между компонентами. Скорость диффузии различна в твердых растворах внедрения и твердых растворах замещения: в первых она протекает быстрее. В железоуглеродистых сплавах главное значение имеет градиент концентрации углерода; критерием полноты контактных процессов является температура переходной зоны и соотношение масс жидкого и твердого металла. На диффузионные процессы в контактной зоне оказывают влияние граничные барьеры: это ламинарный подслои, слой затвердевшего металла, неметаллические включения, газовые включения, воздушная прослойка. Область использования композиционных отливок из различных комбинаций материалов чрезвычайно разнообразна, что создает возможность получать нужные эксплуатационные свойства. Дальнейшие перспективы применения композиционных отливок промышленности связаны с более глубоким изучением процессов, протекающих в контактной зоне, расширением технологических способов изготовления элементов композиций, созданием инновационных технологий получения отливок с применением наноразмерных порошков.

**Кругляк Д.С., Савощенко Г.В.**

*(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)*

## **ТЕХНОЛОГІЯ ПОВЕРХНЕВОГО ЛЕГУВАННЯ**

Вітчизняними і зарубіжними вченими використовувались різні способи введення легувальних елементів в поверхневий шар вилівка. Одні із них наносили на поверхню форми спеціальні фарби або пасти, виготовляли вставки, основу яких складали відповідні легувальні елементи; другі – на поверхні ливарної форми насипали шар порошкоподібних феросплавів; треті – вводили легувальні елементи в фарби або пасти, основу яких складали вогнетривкі матеріали; четверті – покриття для легування поверхневого шару вилівок готували на основі оксидів, карбідів, нітридів і інших сполук легувальних елементів, які після здійснення дисоціації або інших процесів переходили в поверхневий шар вилівка.

Аналіз літературних даних показує, що одним із найбільш поширених дефектів у легувальному шарі є раковини. Щодо механізму їх утворення існують різні тлумачення. Появу відкритих раковин в легуваному шарі автори роботи пояснюють так: після розплав-

лення легувального покриття основній метал і легований шар деякий час знаходяться в рідкому стані, загальна кристалізація металу починається не з поверхні виливка, а на деякій відстані від неї, внаслідок більш високої температури початку твердіння легованого шару. Через це гази, особливо водень проникають в легований шар і утворюють в ньому газові раковини.

Внаслідок нагрівання форми виокремлення газів починається раніше, ніж починається кристалізація металу. Проте, як загально відомо, зі зниженням температури металу розчинність газів в ньому знижується і їх потік у формі, направлений від поверхні виливка до зовнішньої поверхні форми, зростає.

Тому такий характер утворення раковин в легованому шарі нереальний.

В останніх роботах механізм утворення раковин пояснюється тим, що розплавлений легований шар якби втягується в вилівок через капілярно пористу кірку основного металу внаслідок об'ємної усадки останнього. Це явище в багатьох випадках є більш реальною причиною утворення раковин. Такий механізм утворення раковин наводиться і в роботах.

Різні пояснення причин, що призводять до виникнення дефектів у поверхневому легованому шарі, вказують на необхідність досконалого вивчення умов їх утворення та пошуку заходів для їх попередження. За ствердженнями авторів здійснити поверхнєве легування чавунних виливків важче, ніж сталевих оскільки температура кристалізації чавуну значно нижча, ніж сталі, а температура плавлення легувальних покриттів, як правило вища за температуру заливання чавуну перед заливанням його у форму. Автори пропонують легувати чавунні виливки використанням метало-термічних сумішей.

Незважаючи на недостатнє вивчення процесів поверхневого легування, в літературі є дані щодо використання цього методу для виготовлення реальних промислових литих деталей.

Задовільні результати були отримані після насичення поверхні вушок траків хромом, карбідом хрому і корундом. Стрижні, які утворюють отвір вушка, перед установкою в форму фарбували легувальною формою, до складу якої входили ці компоненти.

З метою підвищення зносостійкості відвалів змішувачів був використаний екзотермічний метод поверхневого легування. В легувальне покриття вводилися компоненти для здійснення термічної реакції і легувальні добавки FeCr, CrB<sub>2</sub>, FeW, FeMo.

Для місцевого відбілювання чавунних виливків фірма Ferrodunamies (США) випускає ацетатну стрічку і листи покриті телуром і іншими елементами та їх сполуками. Цією стрічкою або листами облицьовують поверхню форми в потрібних місцях. При заливанні форми металом здійснюється поверхнєве легування телуром, яке сприяє місцевому відбілюванню виливка. Органічна плівка при заливанні металу в форму згоряє повністю і не спричиняє утворенню поруватості виливка.

Михайловим А.М. запропоновано метод поверхневого легування для підвищення зносостійкості зубів ковша екскаватора, кришки коліна бетонопроводу і литих деталей насосу для перекачування піску.

Як відзначалось вище, широкого застосування процес поверхневого легування в промислових умовах може набути, в основному внаслідок використання способу нанесення легувального покриття на поверхню форми або стрижня. Проте існують інші технології поверхневого легування.

Один із цікавих методів поверхневого легування чавунних виливків алюмінієм є заливання в ливарну форму алюмінію, деяким його витримуванням у формі до утворення алюмінієвої оболонки з наступним виливанням надлишку алюмінію із форми. В одержану форму з оболонкою заливають рідкий чавун.

Таким чином поверхнєве легування набуває широкого використання у машинобудуванні та є актуальним напрямом досліджень.