



In the article there are examined the questions of improvement of structure of the press mold coating of composition Ni-20%Co, produced by means of galvanic deposition. It is shown that application of thermocyclic processing allows to remove heterogeneity of structure on cut of coating, to lower porosity and also to keep the level of hardness at the next isothermal annealing.

А. Г. АНИСОВИЧ, ГНУ ФТИ НАН Беларуси, Р. Л. ТОФПЕНЕЦ, БНТУ,
Е. И. МАНУКОВИЧ, ИТМ НАН Беларуси

УДК 669.245:621.785-97

УЛУЧШЕНИЕ СТРУКТУРЫ РАБОЧЕГО СЛОЯ ПРЕСС-ФОРМ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ

Повышение эксплуатационных свойств пресс-форм достигается сочетанием процессов формирования рабочего слоя формообразующего элемента и последующей термической обработки. Одним из перспективных способов изготовления пресс-форм является способ, предполагающий формирование рабочего слоя методом гальванического осаждения. Конструкционный слой пресс-формы создается методами гальванопластики или заливки рабочего слоя сплавами на основе меди, цинка, алюминия.

Технологический процесс изготовления формообразующих элементов пресс-форм включает в себя следующие этапы:

- изготовление модели;
- электролитическое осаждение рабочего слоя;
- получение конструкционного слоя;
- извлечение модели.

Для изготовления моделей используются металлические и неметаллические материалы.

Эксплуатационные свойства пресс-форм во многом определяются свойствами и качеством электроосажденного рабочего слоя. Первичные структура и свойства рабочего слоя формируются в процессе электролиза и зависят от режимов электроосаждения. При последующем формировании конструкционного слоя рабочий слой подвергается нагреву, что сопровождается снижением твердости и, как следствие, эксплуатационной стойкости.

Причиной снижения твердости является развитие рекристаллизационных процессов, инициированных внутренними микро- и макронапряжениями, возникающими в процессе гальванизации. Одна из причин возникновения макронапряжений – неоднородность изменения удельного объема металла вследствие неоднородностей состава или температуры в разных участках объекта. Следствием возникновения макронапряжений может быть коробление, расслоение и другие макродефекты. Причиной возникновения микронапряжений служит неоднородность искажений кристаллической решетки. Их наличие сказывается на

прочностных свойствах сплава. Для уменьшения остаточных напряжений может быть использован отжиг, обеспечивающий частичную или полную их релаксацию путем микропластической деформации или ползучести. В основе способов, реализующих этот путь (изотермический отжиг, вибрационная обработка, термоциклирование и др.), заложены разупрочняющие процессы, обеспечивающие не только релаксацию напряжений, но и частичное (возврат, полигонизация) или полное (рекристаллизация) их снятие. В первом случае твердость сохраняется, во втором – снижается, что связано с трансформацией микроструктуры.

В настоящей работе приведены результаты исследования трансформации структуры рабочего слоя пресс-формы состава Ni-20%Co, полученного электролитическим осаждением. В соответствии с диаграммой состояния (рис.1) сплавы системы Ni-Co образуют непрерывный ряд твердых растворов. Параметр кристаллической решетки твердого раствора в силу близких значений атомных радиусов никеля и кобальта при повышении концентрации кобальта изменяется незначительно.

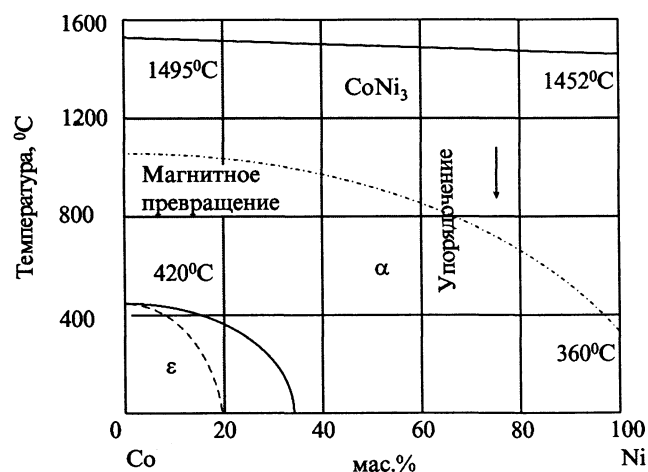


Рис. 1. Диаграмма состояния системы никель-кобальт

Механизм и кинетика роста слоя при нанесении электролитических покрытий аналогичны таковым при кристаллизации.

Структура рабочего слоя после электролитического осаждения - дендритная с ориентацией дендритов в направлении, перпендикулярном поверхности модели. По толщине слоя наблюдается слоистость с большим количеством пор диаметром -10—15 мкм (рис. 2, а, б). По толщине рабочего слоя концентрация кобальта изменяется от -30 мас.% в поверхностном слое до -12 мас.% вследствие процессов ликвации. Твердость рабочего слоя после электролитического осаждения -3000 МПа. Возможный нагрев его при заливке кон-

струкционного слоя не приводит к изменению структуры. В частности, нагрев рабочего слоя пресс-формы до 400 °С не устраняет слоистости и ориентированности микроструктуры рабочего слоя, но снижает твердость сплава до 2250 МПа, что объясняется релаксацией напряжений и частичным снижением их уровня за счет процессов возврата и полигонизации.

Для улучшения структуры использовали термоциклическую обработку в интервалах температур 830—20 и 750—20 °С, 3, 5 и 10 циклов.

Результаты микроструктурного анализа приведены на рис. 2, в, г.

Структура рабочего слоя претерпевает существенные изменения; слоистость устраняется, структура становится мелкозернистой с величиной зерна -3—5 мкм. После нагрева обработанного материала до 400-450 °С сохраняет твердость рабочего слоя на уровне 3040-3090 МПа.

Термическая обработка в интервале 750-20 °С, 5 циклов (с начальной твердостью рабочего слоя 2250 МПа) повышает твердость до 2990 МПа.

Эффект термоциклирования проявляется также в существенном уменьшении пористости. Для объяснения влияния ТЦО на изменение пористости может быть привлечен диффузионно-дислокационный механизм, характерный для высоких значений напряжений и температур [2]. Диффузионно-дислокационный механизм залечивания пор учитывает участие дислокаций в процессе массопереноса. Основная роль отводится дислокационным петлям, генерируемым порами при напряжениях, близких к теоретической прочности матрицы. Начало залечивания пор соответствует пороговому давлению P [2]:



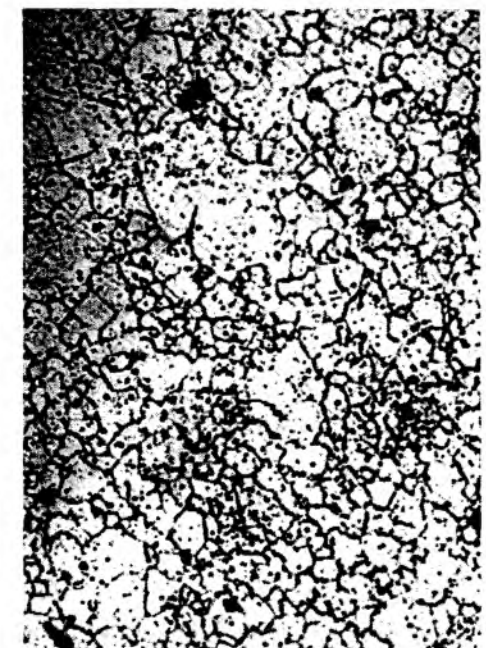
а



б



в



г

Рис. 2. Микроструктура рабочего слоя пресс-формы после электролитического осаждения (а, б) и ТЦО 830—20 °С, 3 цикла (в, г); а, в. х80; б, г. х800

$$F = \frac{32}{3\sqrt{2}R_0} \left[\frac{Gb \ln \left(\frac{4R}{42b} - 1 \right)}{4\pi(1-\nu)} - \gamma \right],$$

где R_0 — радиус поры; G — модуль сдвига; b — вектор Бюргера; R — радиус дислокационной петли; ν — коэффициент Пуассона; γ — поверхностное натяжение.

Оценка давления, обеспечивающего заживление поры, дает величину порядка 10 ГПа [2]. Для условий ТЦО это давление может снижаться, так как дислокационные петли возникают вследствие «схлопывания» вакансионных дисков и призматических дислокационных петель [3]. Другим механизмом заживления пор при ТЦО наряду с диффузионно-дислокационным является вакансионный. Его действие определяется изменением плотности дислокаций на поверхности поры вследствие развития процессов деформационного упрочнения и разупрочнения. При этом напряжения вокруг поры частично релаксируют. Уменьшение плотности дислокаций в окрестности пор при ТЦО показано в [4, 5].

Учитывая специфику ТЦО [3], изменение пористости следует также связывать с формированием и движением высокоугловых границ. Этот

механизм был предложен в [6] для описания изменения пористости в процессе спекания. В процессе движения граница приближается к отдельным порам, благодаря чему они оказываются вблизи стока вакансий. Движущаяся граница «сметает» поры на своем пути.

Таким образом, оптимальной обработкой является термоциклическая обработка в интервале температур 830—20 °С, 3 цикла, до или после формирования конструкционного слоя.

Литература

1. Хансен М., Андерко К. Структуры двойных сплавов. Т.1. М.: Металлургия, 1962.
2. Механизм и кинетика заживления пор при ТЦО напыленных покрытий / Р.Л.Тофленец, Ю.В.Соколов, Г.И.Залужный, Д.А.Попок // Вестн. НАН Беларуси. Сер. физ.-техн. наук. 1999. №2. С. 10-13.
3. Анисович А.Г. Структурообразование в алюминиевых сплавах при термоциклировании; Дис..... канд. физ.-мат. наук. Мн., 1993.
4. Тихонов Л.В. Динамика структурных несовершенств кристаллов в условиях периодических термических воздействий // Структура реальных металлов: Сб. тр. Киев: Наукова думка, 1988.
5. Исследование тонкой кристаллической структуры при термической усталости сплава ЖС-6К / А.П.Глазов, Л.И.Лысак, Л.В.Тихонов и др. // Вопросы физики металлов и металловедения. 1963. №17. С. 111-119.
6. Гегузин Я.Е. Макроскопические дефекты в кристаллах. М.; Гос. науч.-техн. изд-во литературы по черной и цветной металлургии, 1962.