

properties of the heterojunctions *n-InSe-p-InSe*. It was found that the maximum improvement of the parameters of the heterojunctions was observed at annealing temperatures of the source material 150 - 200 ° C and the duration of 4 hours. The improvement of the quality of single-crystal samples after annealing was confirmed by multiplicity of NQR spectra, which reflect the collating in the system of polytypes of layered structure of InSe.

Reduction of defects, including stacking and flat dislocations defects during annealing had had positive effect on the photoelectric parameters of the heterojunctions. The latter follows the dynamics of the current-voltage characteristics and the growth of photoresponse of the heterostructure *n-InSe-p-InSe*. The improvement of the characteristics of the heterojunction was connected with the change of concentration of defects near the heterojunction boundary and the decrease of the impedance in the volume of the sample along the *c* axis. For the annealed materials the structure *n-InSe-p-InSe* is characterized by an increase of the intensity of the exciton peak, the growth of the open-circuit potential from 0.29 to 0.56 V and the growth of the short-circuit current from 350 to 840 mA/cm<sup>2</sup>. The maximum growth of the conversion factor according to the photocurrent and photovoltage at a wavelength of  $\lambda = 0,98$  mkm after annealing was  $\Delta SI = 89\%$ , and  $\Delta SV = 24\%$ , respectively.

**Keywords:** layered semiconductors, heterojunctions, annealing of crystals, NQR spectra, structural defects, photoelectric properties.

*Розглянута технологія формування відливок зі складними внутрішніми порожнинами, які не потребують подальшої механічної обробки за допомогою стрижнів з теплозахисною оболонкою*

**Ключові слова:** стрижні, оболонки, металеві, що виплавляються

*Рассмотрена технология формирования отливок со сложными внутренними полостями, не требующих последующей механической обработки, при помощи металлических стержней с теплозащитной оболочкой*

**Ключевые слова:** стержни, оболочки, металлические, выплавляемые

УДК 621.74

## ФОРМИРОВАНИЕ ОТЛИВОК СО СЛОЖНЫМИ ВНУТРЕННИМИ ПОЛОСТЯМИ ПРИ ПОМОЩИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СТЕРЖНЕЙ

**А. А. Бондарь**

Кандидат технических наук, доцент\*

Контактный тел.: 097-337-57-27

E-mail: andrey-bondar@rambler.ru

**Ю. М. Дудзинский**

Доктор физико-математических наук, профессор\*\*

**Л. И. Солоненко**

Аспирант\*

**К. В. Колесник\***

Контактный тел.: 097-285-63-62

E-mail: kristykrista@mail.ru

\*Кафедра технологий управления литейными процессами

\*\*Кафедра физики

Одесский национальный политехнический университет  
пр. Шевченко, 1а, г. Одесса, Украина, 65044

### 1. Введение

В современных условиях развития литейной промышленности существует необходимость производства готовых изделий, не требующих дополнительной обработки. Это особенно актуально при получении качественных полостей сложной формы в таких деталях, как поршни двигателей внутреннего сгорания, детали гидроаппаратуры и др. Так как изготовление сложных полостей механической обработкой встречает ряд трудностей из-за невозможности подведения реза

к внутренним частям детали, то мы вынуждены выполнять указанные детали сварными из двух и более частей, что, в свою очередь, снижает технологические свойства готовых изделий и вызывает дополнительные финансовые и трудовые затраты.

### 2. Постановка проблемы

Формирование таких внутренних полостей при помощи песчано-глинистых стержней на основе раз-

личных связующих встречаются сложности, связанные в основном с трудоемкостью удаления стержней их готового изделия и высокой шероховатостью внутренней поверхности отливки. Последний факт опять ставит вопрос о механической доводке деталей. В связи с этим, свое применение нашли выплавляемые металлические стержни.

При изготовлении выплавляемых металлических стержней основное значение имеет способ изготовления, материал и конструкция выплавляемого стержня.

### 3. Методы решения

Металлические стержни можно получать известными традиционными способами литья - литьем под давлением, в кокиль, центробежным способом литья [1, 2]. Иногда отливки стержней подвергаются дополнительной механической обработке или полностью изготавливают механическим путем.

Наиболее важной характеристикой материала стержня является температура его плавления. Она является главным параметром, - по которому подбираются пары «отливка – выплавляемый стержень». Составы применяемых выплавляемых стержней представлены в табл. 1.

Таблица 1

Составы применяемых выплавляемых стержней

Материал стержня	Химический состав									Температура плавления, °С
	Zn	Al	Si	Cu	Sn	Pb	Sb	Cd	Bi	
Цинк	100	---	---	---	---	---	---	---	---	419,5
Цинковый сплав ЦА4	96	4	---	---	---	---	---	---	---	390
Цинковый сплав ЦАМ6-3	91	6	---	3	---	---	---	---	---	395
Сплав №1	85	12,5	2,5	---	---	---	---	---	---	400
Сплав №2	89	7	---	4	---	---	---	---	---	390
Сплав №3	50	50	---	---	---	---	---	---	---	535
Сплав №4	---	---	---	---	3	85	12	---	---	160
Сплав №5	---	---	---	---	43	43	---	---	14	270
Сплав №6	27,7	---	---	---	---	---	---	72,3	---	290
Сплав №7	---	---	---	---	67,7	---	---	32,3	---	90

Поскольку металлические выплавляемые стержни изготавливаются из материала с температурой плавления значительно ниже температуры плавления материала отливки, в которой оформляется полость, при непосредственном контакте такого стержня с жидким металлом может произойти его преждевременное оплавление, т.е. он может начать плавиться до того, как в отливке со стороны стержня наморозится корка достаточной толщины. Вследствие этого могут произойти смешивание металла отливки с металлом стержня, искажение геометрии внутренней полости отливки, образование наплывов на ее внутренней поверхности, что приводит к браку. Чтобы этого избежать, рабо-

чую поверхность выплавляемого стержня покрывают теплозащитным покрытием. Применение покрытий, защитных или теплозащитных, на рабочей поверхности выплавляемых стержней значительно расширяет возможности их использования, позволяет решить одну из главных проблем при литье с выплавляемыми стержнями – предупреждение преждевременного расплавления стержня. При заливке жидкого металла теплозащитное покрытие уменьшает тепловой удар на стержень и позволяет управлять его расплавлением. Оно необходимо также для того, чтобы регулировать скорость отвода тепла от отливки к стержню, а следовательно, и скорость ее затвердевания.

Теплозащитные покрытия на выплавляемые стержни могут наноситься многими известными способами: пламенным, детонационным, электрофорезом, оксидированием, с помощью распылителей и другими [3, 4].

При электролитическом формировании защитного покрытия на стержень методом гальванопластики наносится оболочка, такой толщины, которая обеспечивала бы тепловую защиту легкоплавкого материала стержня, по крайней мере, в первый период после начала затвердевания отливки. Поскольку процесс нанесения такой оболочки длительный и энергоёмкий, следует подбирать материалы стержня с такой температурой плавления, чтобы для их защиты понадобилась оболочка толщиной не более 1 мм.

При применении тугоплавких теплозащитных оболочек, которые мы наносим на выплавляемый стержень, возникает проблема, связанная с удалением самой оболочки из готовой отливки.

Одним из способов решения этой задачи является использование тугоплавких оболочек как конструктивных элементов готовой отливки, т.е. после заливки оболочка не удаляется из отливки, а оформляет полученную полость. Таким образом, получается литой биметалл с высокой степенью чистоты поверхности.

При нанесении электролитического покрытия на металлический стержень нужно учитывать, что диффузионная связь между основной стержня и гальваническим осадком наносимой оболочки должна быть минимальной, чтобы при выплавлении стержня поверхность полости, оформленной оболочкой, имела хорошую чистоту поверхности. Для этого стержень перед нанесением оболочки покрывают, например, мелкоизмельченным графитовым порошком [5].

Если внутренние полости - это каналы охлаждения, то использование данной технологии имеет еще такие преимущества, как защита детали от воздействия охлаждающей жидкости. Это обусловлено тем, что, подбывая материал оболочки, мы можем учитывать его стойкость по отношению к охлаждающей жидкости.

При этом между материалом оболочки и материалом отливки диффузионная связь должна быть обязательно, в противном случае процесс передачи тепла от детали к охлаждающей жидкости будет затруднен [6].

Чтобы обеспечить хорошую диффузионную связь между материалом оболочки и материалом отливки, на поверхность стержня наносим сплав, содержащий более 50 % молибдена, так как он при температуре плавления диффундирует почти во все металлы [7].

Наиболее эффективную защиту от коррозии и теплопередачу обеспечивают оболочки, изготовленные из титана, латуни, цинка и хрома.

Однако, не все эти материалы рационально использовать для изготовления оболочки. Так, например, титан обладает высокой антикоррозионной стойкостью, однако его нанесение на металлический стержень встречает ряд трудностей, в первую очередь, из-за большой склонности его к пассивированию и высокого отрицательного потенциала восстановления ионов титана [8].

Латунирование широко применяется для защиты деталей от воздействия коррозии во влажной среде, однако оно имеет недостаток, связанный с тем, что при нанесении покрытия может образоваться неоднородный слой.

Недостатком цинковых покрытий в нашем случае является низкая температура плавления, что не позволяет использовать такую оболочку в качестве защиты при заливке стержня металлом [9].

В данном исследовании наилучшим образом зарекомендовали себя хромовые оболочки. Они обладают высокой коррозионной стойкостью и достаточной температурой плавления, чтобы использовать его как теплозащитную оболочку для легкоудаляемого стержня [10]. Вместе с этим хром можно нанести на металлическую

основу (в нашем случае цинковый стержень) методом гальванопластики или другим известным способом.

---

#### 4. Выводы

---

1. Рассмотрена технология получения отливок со сложными полостями при помощи металлических легкоплавких стержней. И обоснована необходимость применения защитной оболочки на таких стержнях;
2. Предложена технология, по условиям которой тугоплавкая защитная оболочка остается в отливке и оформляет там внутреннюю полость, тем самым получаем биметаллическую отливку с повышенными технологическими свойствами;
3. Предложен оптимальный вариант защитной оболочки, который в состоянии защитить металлический легкоплавкий стержень в начальный момент заливки расплавом, и кроме этого, является защитой от коррозии и других факторов.

---

#### Литература

1. Зуев, А. Б. Выплавляемые стержни при литье под давлением [Текст] / А.Б. Зуев, А. В. Масюкевич, Б. Б. Гуляев //Литейное производство. – 1966. - №5. – С. 5-6.
2. Караник, Ю. А. Изготовление кокильных отливок с выплавляемыми стержнями [Текст] / Ю. А. Караник // Литейное производство. – 1976. - №12. – С. 34-35.
3. Хасуй, А. Техника напыления [Текст] / А.Хасуй. – М.: Машиностроение, 1975. – 287 с.
4. Самсонов, Г. В. Тугоплавкие покрытия[Текст] / Г.В. Самсонов, А.П. Эпик. – М.: Металлургия, 1973. – 400 с.
5. Одноралов, Н. В. Занимательная гальванотехника [Текст] / Н.В. Одноралов. – М.: Просвещение, 1979. – 106 с.
6. Бокштейн, Б. С. Диффузия в металлах[Текст] / Б.С. Бокштейн. – М.: Металлургия, 1978. – 246 с.
7. Катц, Н. В. Металлизация распылением[Текст] /Н.В. Катц. - М.: Машиностроение, 1965. – 197 с.
8. Беленький, М. А. Электроосаждение металлических покрытий[Текст] / М.А. Беленький, Ф. А. Иванов. – М.: Металлургия, 1985, 152 – 288 с.
9. Ильин, В. А. Цинкование, кадмирование, оловянирование и свинцевание [Текст] / В.А. Ильин. - Л.: Машиностроение, 1983. - 87 с.
10. Богорад, Л. Я. Хромирование [Текст] / Л.Я. Богорад. – Л.: Машиностроение, 1984. – 97 с.

#### Abstract

*Nowadays, there is a significant demand for molded pieces, which do not require subsequent machining. Especially it is topical for complex internal cavities of high quality. On the one hand, it is impossible to obtain the cavities of such quality by means of the sandy-argillaceous rods without subsequent machining, on the other hand, such mechanical treatment is complicated, because it is impossible to bring the cutting tool to the work surface.*

*The article suggests the technology of production of the complex internal cavities by means of the fusible metal rods of high quality. This approach allows us, besides the above, to provide improvement of the operating abilities, such as, corrosion resistance, due to the casing on the internal cavity.*

*This technology can be used in the production of cooled pistons of internal combustion engines, hydraulic equipment, etc. The article also discusses and suggests the best choices of the materials for the casing*

**Keywords:** rods, casings, metal, fusible