

## Технология, оборудование, САПР и экология литейного производства

*The paper discusses distinctive design features of casting molds and technological aspects of producing cast inserts from 5XНМЛ pressed steel. The designs of long-life metal shell molds are described. They ensure saving of molding material, increase of accepted material and improvement of quality of castings.*

Л. Р. ДУДЕЦКАЯ, Ю. Г. ОРЛОВ, ФТИ НАН Беларуси,  
Н. А. ДЕШУК, А. В. ГАЛКИНА, ОАО «Белкард»

УДК 621.002.6:669.14/743.4 (47)

# ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЛИТЫХ ВСТАВОК ШТАМПОВ ДЛЯ ГОРЯЧЕГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

## Введение

В современном машиностроении наиболее прогрессивные технологические процессы должны базироваться на дальнейшем сокращении обработки металлов резанием. Необходимо стремиться к тому, чтобы заготовки деталей машин, механизмов, оборудования по конфигурации и размерам были максимально близки к готовым деталям, а объем их механической обработки сводился к минимуму. Именно поэтому производственный процесс на машиностроительных предприятиях начинается с пластической деформации мерных заготовок из сортового проката посредствомковки или горячей объемной штамповки. Горячая объемная штамповка на кривошипных штамповочных прессах дает возможность получать поковки с наименьшими припусками на механическую обработку, чем другие способы деформации заготовок [1].

Стойкость рабочих элементов штампов (вставок) является одним из важнейших технико-экономических показателей работы цехов деформации и заводов в целом.

## Обзор исследований. Постановка задачи

Стойкость вставок (т. е. количество штампованных поковок, которые получают до выхода штампа из строя) зависит от марки стали, из которой она изготовлена, и от технологии изготовления самой вставки.

Существуют два технологических процесса изготовления вставок:

- 1) получение стального слитка – ковка (+прокатка) слитка – механическая обработка поковок;
- 2) получение отливки вставки – механическая обработка отливки.

В первом варианте технологического процесса ковка – это не просто деформация слитка или сор-

тового проката. Ковка должна выполняться с достаточно высокой степенью укова, а также включать последовательное выполнение таких операций, как осадка и протяжка (а иногда и другие операции) для того, чтобы получить желаемую микро- и макроструктуру. Этот процесс характеризуется наиболее высокими потерями штамповой стали в стружку.

В последние десятилетия широкое распространение получили литейные процессы производства вставок штампов. Заинтересованность в использовании литейных процессов в первую очередь проявляли те организации, в которых образовалось большое количество отходов инструментальных сталей, а их передача специализированным организациям для переплава происходила с занижением стоимости металлолома. Изготовление отливок с использованием отходов инструментальных сталей позволяет заметно снизить стоимость штампового инструмента. Кроме того, изготовление отливок вставок штампов рационально подобранными специальными литейными методами даст возможность свести к минимуму объем механической обработки.

Достаточно быстро удалось выяснить, что литые вставки штампов имеют стойкость в эксплуатации более высокую, чем вставки, полученные механической обработкой поковок [2–7]. Специалисты выдвинули для объяснения повышенной стойкости литого штампового инструмента несколько даже противоречивых объяснений. Но представляется наиболее правдоподобным предположение [8], что литые материалы, обладая уже в исходном состоянии внутренними надрезами, близки к так называемому пределу повреждаемости. Это делает их малочувствительными к наносимым извне дополнительным надрезам.

Для получения отливок из штамповых сталей наиболее часто используют литье в керамические формы, комбинированные керамические формы, облицованные кокили, разовые формы из сухих терморезистивных формовочных смесей.

В настоящее время примерно 65–70% мирового производства вставок штампов изготавливают литьем, а их стойкость в 1,5–2,5 раза превышает стойкость вставок, полученных ковкой с последующей механической обработкой. Авторы [5, 6] утверждают, что из всех опробованных процессов наиболее востребованными оказались литье в керамические формы, в том числе, так называемый «шоу-процесс»; литье в блочные формы из терморезистивных цирконо-смоляных смесей.

При изготовлении керамических форм используют формовочные материалы и смеси, а также технологические операции, совпадающие с изготовлением форм для литья по выплавляемым моделям. В результате изготовление керамических форм можно расценивать как весьма дорогостоящий процесс с большим количеством операций, выполняемых высококвалифицированным персоналом [9]. Поэтому литье в керамические формы осуществляется, как правило, на специализированных предприятиях, обслуживающих целые отрасли машиностроения. Достоинств производства литых вставок штампов в керамических формах много, поэтому оно является ведущим литейным процессом за рубежом. Однако реализовать одну из разновидностей процесса на Минском тракторном заводе не удалось.

Второй процесс тоже достаточно дорогой, но он прост и надежен. Технология процесса разработана в Советском Союзе [10] и распространение получила в России и Украине. В Беларуси только одно предприятие (Гродненский завод карданных валов) изготавливает литые вставки штампов по второму способу.

Сущность процесса [10] заключается в следующем. На предварительно нагретую одностороннюю модельную плиту с металлической моделью и ограничительной рамкой засыпают формовочную смесь, состоящую из высокоогнеупорных зернистых материалов и терморезистивной синтетической смолы. Под действием тепла смола в слое смеси, прилегающем к оснастке, плавится и в формируемом слое образуется четкий отпечаток модели. Для лучшего уплотнения смеси оснастку в процессе засыпки подвергают кратковременной вибрации.

После сброса избытка формовочной смеси модельная плита с засыпанной смесью подвергается дополнительному нагреву для полного отверждения

полуформ. Готовую полуформу снимают с модельной плиты после ее поворота на  $180^\circ$  и удаления ограничительной рамки. Съем полуформ в отвержденном состоянии позволяет получать точный отпечаток модели без искажения конфигурации и изменения размеров. Нижнюю полуформу соединяют с соответствующей ей верхней полуформой, в которой, как правило, выполняется прибыльная часть отливки и литниковая система.

В результате выполненных на ОАО «Белкард» работ удалось выявить особенности технологии, которые снижают стойкость штампов, повышают трудоемкость и энергоемкость процесса изготовления штампов. Установлено, что используемая технология ухудшает экологическую обстановку значительно сильнее, даже по сравнению с другими литейными процессами. Особенность используемой технологии – отсутствие опок, поэтому для обеспечения прочности формы ее делают толстостенной, массивной; кроме того, вся форма изготовлена из единой формовочной смеси (100%-ный зернистый цирконовый концентрат, 3,0–3,5%-ная фенолформальдегидная смола, 0,3%-ный пластификатор). Поэтому отвод тепла от отливки при ее охлаждении одинаковый по всем направлениям. Но ведь принципиально важным является обеспечение быстрого охлаждения и соответственно формирование мелкокристаллической структуры в той части отливки, которая и станет в дальнейшем рабочей частью вставки штампа. И наоборот, верхняя прибыльная часть отливки должна охлаждаться медленно.

Основное назначение прибыли – компенсация объемной усадки затвердевающей отливки, которая составляет всего 3–5%. В то же время на прибыль расходуется почти в 10 раз больше металла, необходимого для этих нужд [11]. Следовательно, главным резервом экономии металла является сокращение его расхода на прибыль.

Устройство прибылей на отливках из стали – вынужденная мера, являющаяся обязательным и единственным средством для предупреждения усадочных раковин и пор в теле отливки. Теоретически [11] при условии увеличения продолжительности пребывания металла в жидком состоянии до полного затвердевания отливки усадочная раковина будет равна нулю. Технически осуществить это не удастся, поэтому при получении стальных отливок технологический выход годного составляет 52–65%, причем на отливках из легированных сталей этот процент может быть еще меньше.

При выполнении настоящей работы была поставлена следующая задача: исследовать и модер-

низировать технологию изготовления литых вставок штампов для повышения их стойкости, снижения затрат на производство, улучшения экологических условий работы на литейном участке.

### Разработка конструкций литейных форм

На рис. 1 показана типичная блочная литейная форма из терморепактивной смеси. С учетом того, что отсутствуют опоки, прочность формы зависит от толщины ее стенок. Толщина стенок выбирается такой, чтобы она выдержала без разрушения металлостатический напор расплавленной стали при заливке до момента образования достаточно прочного слоя затвердевшего металла на поверхности.

Практически при производстве литых вставок штампов удельный расход терморепактивной смеси на основе цирконового концентрата (без регенерации) составляет 1,2–1,5 т на 1 т годных отливок. Залитый в полость литейной формы при температуре 1560–1600 °С расплав штамповой стали охлаждается, отдавая свое тепло форме. Форма, состоящая в основном из циркона, теплопроводность и теплоемкость которого выше, чем эти же характеристики у кремнезема, достаточно быстро нагревается и передает часть тепла в окружающую среду. При достижении формой температуры 650–700 °С фенолформальдегидная смола деполимеризуется с образованием фенола, формальдегида, метилового спирта, которые относятся к наиболее вредным веществам, выделяющимся в процессе производства отливок [12, 13]. Прочность формы постепенно снижается и на заключительном этапе охлаждения отливки материал формы может представлять собой только высокоогнеупорный циркон в виде отдельных зерен.

При выполнении работ на литейном участке ОАО «Белкард» специалистами ГНУ «ФТИ НАН Беларуси», УО «БГАУ» и ОАО «Белкард» опробованы и освоены методы микролегирования

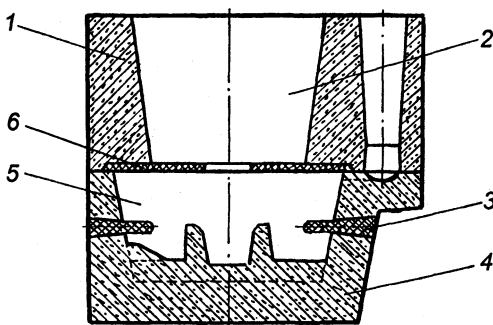


Рис. 1. Типовая литейная форма: 1 – верхняя полуформа; 2 – прибыль; 3 – стержень транспортировочного отверстия; 4 – нижняя полуформа; 5 – отливка вставки; 6 – стержень-перемычка легкоотделяемой прибыли

и модифицирования штамповой стали 5ХНМЛ при заливке расплава в формы [14], разработаны и внедрены многоразовые двухслойные [15] и металлооболочковые [16] литейные формы.

На рис. 2 показана литейная форма, предназначенная для получения отливок призматических вставок кривошипных горячештамповочных прессов массой 70–100 кг. Основными достоинствами этой формы следует считать использование внешнего холодильника (поддона), что способствует интенсивному отводу тепла и образованию микроструктурной структуры штамповой стали в рабочей части отливки и использование шамотных изделий в качестве наполнительного слоя формовочной смеси. Это позволяет резко снизить количество терморепактивной цирконо-смоляной смеси, которая в данной форме используется только для облицовочного слоя полости формы и состоит из отдельных пластин.

Разработанная форма позволяет использовать для изготовления верхней полуформы (прибыльная часть) малотеплопроводные и недефицитные огнеупорные материалы или изделия. Это дает возможность уменьшить объем прибыли и, следовательно, повысить выход годной стали.

На рис. 3 показана металлооболочковая литейная форма, предназначенная для получения отливок вставок штампов призматической формы массой 250–300 кг. Принципиальным отличием данной металлооболочковой формы от облицованного кокиля и также предназначенного для получения отливок вставок штампов является то, что кокиль – это металлическая форма для получения одной конкретной по конфигурации и размеру отливки. Разработанная и освоенная на ОАО «Белкард» металлооболочковая форма позволяет получать отливки вставок штампов нескольких размеров. Для этого необходимо при изготовлении формы толь-

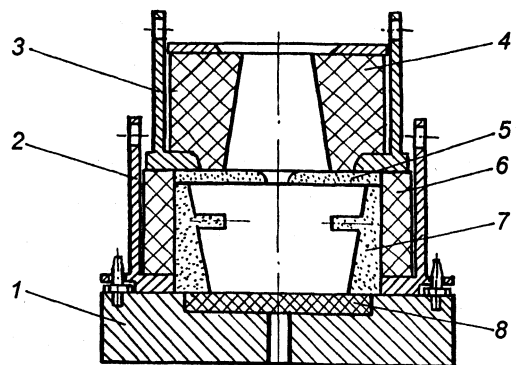


Рис. 2. Опытная литейная форма: 1 – поддон; 2 – корпус формы; 3 – корпус прибыльной надставки; 4 – гнездовой кирпич; 5 – стержень-перемычка; 6 – шамотная кладка; 7 – формообразующий стержень вставки; 8 – графитовая вставка поддона

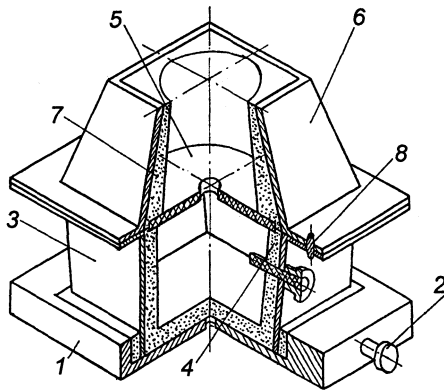


Рис. 3. Металлооболочковая литейная форма: 1 – поддон литейной формы; 2 – транспортировочные цапфы; 3 – нижняя полуформа; 4 – облицовочный огнеупорный слой; 5 – стержень-перемычка; 6 – верхняя полуформа; 7 – облицовочный огнеупорный слой; 8 – центровочные элементы

ко заменять модель отливки, вся же остальная оснастка сохраняется неизменной.

В настоящее время на литейном участке ОАО «Белкард» в металлооболочковой литейной форме (пат. 3454 РБ) изготовлено шесть отливок вставок штампов массой 285 кг каждая. Все отливки прошли контроль, механическую и термическую обработку и эксплуатируются на кривошипных горячештамповочных прессах кузнечного цеха ОАО «Белкард». Расходные показатели изготовления отливок вставок штампов приведены в таблице.

Расход материалов на изготовление отливки вставки № 6

| Показатель расхода материалов, кг | Вид литейной формы |                          |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------------|
|                                   | блочная форма      | металлооболочковая форма |
| Масса отливки                     | 285                | 285                      |
| Масса прибыли                     | 140                | 115                      |
| Масса металла в форме             | 425                | 400                      |
| Расход формовочной смеси:         |                    |                          |
| для нижней полуформы              | 181                | 135                      |
| для верхней полуформы             | 196                | 140                      |
| для стержня-перемычки             | 6,5                | 10,5                     |
| Расход смеси, всего               | 383,5              | 285,5                    |

Выводы

Разработанный технологический процесс изготовления отливок вставок штампов в комбинированных литейных формах является перспективным с точки зрения улучшения увеличения эксплуатационной стойкости сменной штамповой оснастки, экономии дорогостоящих материалов, расхода электроэнергии и увеличения выхода годного металла. Кроме того, новый технологический процесс позволяет получать в одной литейной форме несколько типоразмеров литых вставок штампов.

Литература

1. Штампы для горячего деформирования металлов / М. А. Тылкин и др. М.: Высш. шк., 1977.
2. Бельский Е. И. Стойкость кузнечных штампов. Мн.: Наука и техника, 1975.
3. Трахтенберг Б. Ф. Стойкость штампов и пути ее повышения. Куйбышев, 1964.
4. Развитие технологии производства и опыт применения литых кузнечных штампов. М.: НИИТавтопром, 1989.
5. Рассказов А. Ф. Состояние и перспективы изготовления литых штампов для горячего деформирования // КШП. 1981. № 5. С. 33, 34.
6. Литые штампы для горячего деформирования в автомобилестроении. М.: ЦНИИТЭИавтопром, 1988.
7. Носков Б. А. Производство литых молотовых штампов. Киев, М.: Машгиз, 1953.
8. Кобрин М. М. Неиспользованные возможности литой стали как конструкционного материала // Вестн. машиностроения. 1950. № 10. С. 14–20.
9. Стрюченко А. А., Захарченко Э. В. Керамические формы в точном литье по постоянным моделям. М.: Машиностроение, 1988.
10. Литье кузнечных штампов в формы на основе терморезистивных смесей. М.: НИИТавтопром, 1975.
11. Василевский П. Ф. Технология стального литья. М.: Машиностроение, 1974.
12. Решение проблем экологии в литейном производстве. Мн.: БГПА, 1997.
13. Количественные характеристики вредных веществ, выделяющихся при работе основного технологического оборудования / Сб. справ. материалов. Одесса, 1986.
14. Дудецкая Л. Р., Орлов Ю. Г., Белый Л. С., Галкина А. В. Технологические возможности повышения эксплуатационной стойкости литой штамповой оснастки // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. 2005. № 1. С. 20–24.
15. Пат. № 3453 Республика Беларусь.
16. Пат. № 3454 Республика Беларусь.