

М239969

НЕ НА ДОМ
ВЫДАЕТСЯ

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище имени Н. Э. Баумана

Евгений Семенович КРАНКОВ

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ
КОМБИНИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОЦЕССА ЛИТЬЯ-ШТАМПОВКИ ДЕТАЛЕЙ
ИЗ ЛАТУНИ ЛС59-1

(05.03.05. — Технология и машины обработки давлением)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

ВВЕДЕНИЕ

Директивами XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1971-1975 г.г. предусмотрено "... широкое внедрение прогрессивных, особенно непрерывных, технологических процессов..." В цветной металлургии намечено увеличить выпуск продукции в 1,4 раза, широко внедрить замкнутые технологические схемы с полной переработкой полупродуктов, развить совмещенную разливку и прокатку полуфабрикатов.

Высокую стоимость и дефицит цветных металлов необходимо учитывать при разработке новых и совершенствовании существующих технологических процессов. Они должны обеспечивать экономию металла, уменьшение брака, снижение себестоимости, возможность переработки отходов.

Существующий технологический маршрут производства поковок из латуни, начиная от производства слитка, включает прокат его, прессование прутков на горизонтальных прессах, резку мерных заготовок, штамповку и обрезку заусенца. В существующих производствах этот процесс разбит по видам производств, разобщенных в пространстве и во времени, связь между которыми осуществляется посредством транспортных операций.

Различная производительность и степень совершенства указанных производств, их территориальная разобщенность вызывает дополнительные расходы для выполнения промежуточных операций складирования и сортирования, для выполнения повторных технологических операций (нагрев заготовок); повышенные межцеховые и межазаводские транспортные расходы.

Опыт по внедрению установок непрерывной разливки стали, объединяющий в себе элементы литейного и прокатного производств; установки непрерывной выплавки стали, объединяющие элементы доменного процесса получения чугуна и конверторного процесса получения стали; поточные линии для непрерывного получения древесно-стружечных плит, комбинирующие в себе процессы обработки давлением с химическими процессами и механической обработкой, показывает, что издержки производства могут быть существенно сокращены при переходе от разобщенных технологических процессов к непрерывным на базе комплексной автомати-

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1239969

Кранков Е.С. Разработка и

зации с комбинированием различных видов производств в одной поточной линии.

Очевидные преимущества комбинированных процессов показывают целесообразность применения подобных технологий и для других видов производств, в частности, объединение литейного и штамповочного производств в одной поточной линии. Разработке и исследованию этой технологии посвящена данная диссертационная работа.

Современное состояние литейно-штамповочной технологии

Заготовки деталей машин и механизмов, предназначенные для последующей обработки резанием, изготавливают литьем, ковкой, штамповкой, прокаткой, иногда с использованием сварки. Литьем можно получать заготовки сложной формы, однако наличие ликвации, усадочных раковин, пористости снижают их качество. Вот почему заготовки деталей газосварочной аппаратуры и арматуры, работающих под давлением, изготавливают штамповкой из прессованного прутка. Штамповка в открытых штампах из прессованного прутка неэкономична из-за большого отхода металла в заусенец. Штамповка в закрытых штампах не нашла распространения из-за отсутствия специализированного оборудования и сравнительно низкой стойкости инструмента.

Объединение литейного и штамповочного производств позволяет исключить недостатки указанных технологий и использовать их положительные стороны.

Технологический процесс литья-штамповки включает получение литой заготовки и последующую ее штамповку в открытых или закрытых штампах после отвердевания поверхностных слоев отливки. Деформирование литой заготовки способствует завариванию всех литейных дефектов, благодаря чему ликвидируется пористость и поковки удовлетворяют требованию гидроплотности.

В МВТУ им. Н.Э.Баумана разработкой и исследованием комбинированного процесса литья-штамповки начали заниматься с 1966 г. В 1969 г. в печати появились сообщения о проведении аналогичных работ за границей. Так, американские фирмы "TMW Division of the North American Rockwell corp" и "Lebanon Steel Foundry" создали специализированные промышленные установки

для осуществления комбинированного процесса. По данным этих фирм достоинства нового процесса по сравнению с обычной штамповкой из прутка заключаются в уменьшении допусков на детали, получении поковок с мелкозернистой структурой, уменьшении металлургических расходов, снижении себестоимости поковок.

В отечественной литературе опубликованы статьи Севердего В.П., Гребенюка Г.С., Михайленко Б.Е. и Кивмана Ф.М., Киселева А.М. об исследовании комбинированного технологического процесса литья-штамповки и несколько сообщений с заводов о внедрении этой технологии. Однако, процесс изучен еще недостаточно полно, исчерпывающих рекомендаций по проектированию комбинированного процесса литья-штамповки не имеется, что задерживает массовое внедрение его в промышленность.

ГЛАВА II. ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью данной диссертации является:

- разработка технологии и методики проектирования процесса литья-штамповки заготовок из латуни;
- определение зависимости качества заготовок от кинематических, деформационных параметров и напряженного состояния заготовки в процессе штамповки;
- разработка технических условий и принципиальной схемы литейно-штамповочного автомата;
- обоснование технико-экономической целесообразности предлагаемого технологического процесса.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие основные задачи.

1. Определить влияние термомеханического режима литья-штамповки на качество изделий (механические характеристики, макро- и микроструктуру, качество поверхности и др.).
2. Установить оптимальные размеры и форму литой заготовки, обеспечивающие при последующей штамповке наименьший отход металла в заусенец, а также минимальные усилия деформирования.
3. Выбрать допустимые степени деформации на основе изучения кинематики течения металла при штамповке литой и прессованной заготовок.
4. Определить деформирующие усилия и работу деформации, необходимые для штамповки литой заготовки.

5. Разработать руководящие материалы для проектирования комбинированного технологического процесса литья-штамповки и технические условия на проектирование оборудования.

6. Разработать принципиальные схемы автоматизации комбинированного технологического процесса литья-штамповки.

7. Обосновать ожидаемую экономическую эффективность в результате внедрения литейно-штамповочных автоматов.

Для решения поставленных задач нами намечено проведение исследований комбинированного технологического процесса литья-штамповки по следующей методике.

1. Влияние степени деформации на физико-механические свойства, макро- и микроструктуру литейно-штампованных деталей определяли в процессе испытания на осадку цилиндрических заготовок с различными степенями деформации с последующим испытанием вырезанных из них образцов. Заготовки получали литьем в кокиль и под низким давлением. Аналогичным испытаниям подвергали готовые детали "корпус" и "головка" газового резака "Пламя" для определения их гидроплотности.

2. Определение допустимых степеней деформации производили при осадке литых цилиндрических образцов, нагретых до температур 700° – 800° С.

3. Форма и размеры литой заготовки является оптимальной, если поковка имеет качественную поверхность, удовлетворительные механические характеристики, минимальный заусенец, гидроплотность.

4. Для изучения кинематики течения металла при штамповке литой и прессованной заготовки использовали метод координатных сеток, нанесенных на плоскостях составных заготовок в продольном и поперечном сечениях. Деформирование заготовок проводили поэтапно в открытых штампах на фрикционном прессе с фотографированием координатной сетки. Распределение напряжений по объему поковки, штампованной из литой заготовки, определяли в результате решения уравнений равновесия с использованием экспериментальных данных.

5. Для замера усилия по ходу ползуна использовали тензометрическую мессдозу и струнный ходограф, показания которых записывали на пленку осциллографа Н102.

ГЛАВА III. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ПРОЦЕССА ЛИТЬЯ-ШТАМПОВКИ

Для исследования комбинированного технологического процесса литья-штамповки создана экспериментальная установка, включающая плавильную электропечь, раздаточную печь, механизированный кокиль, фрикционный пресс усилием 160 тс., литейную и штамповую оснастку.

Латунь ЛС 59-I расплавляли в электропечи под слоем флюса кальцинированной соды. Расплав, перегретый до температуры 1000°C – 1050°C заливали в литейную форму при сомкнутом кокиле. После кристаллизации и остывания до температуры штамповки (около 800°C) механизированный кокиль раскрывали и отливку переносили в открытый штамп, установленный на фрикционном прессе. Некоторые отливки изготовляли литьем под низким давлением на специализированной установке Киевского института проблем литья Академии Наук УССР.

Для исследования влияния степени обжатия литой заготовки на макро- и микроструктуру, а также на механические характеристики металла отливали цилиндрические заготовки из латуни ЛС59-I диаметром 30 мм, высотой 45 мм, которые осаживали на винтовом фрикционном прессе со степенями деформации 15%, 30%, 45%, 60% при температуре $700 - 800^{\circ}\text{C}$. Из деформированных таким образом заготовок изготовляли продольные и поперечные макро- и микрошлифы. Изучение шлифов показало, что литая заготовка имеет неоднородную крупнозернистую структуру с явно выраженной краевой зоной столбчатых дендритов и центральной зоной крупных равноосных кристаллов. По мере увеличения деформации происходит постепенное изменение структуры, дробление кристаллов в центре и уменьшение краевой столбчатой зоны. При степени деформации, большей 30%, измельчение структуры можно наблюдать во всем объеме образца, за исключением заторможенных зон, прилегающих к торцам, где столбчатость кристаллов сохраняется, хотя и значительно менее выраженная, чем в исходной литой заготовке.

Из отлитых и деформированных заготовок вырезали продольные образцы по ГОСТ 1497-61, которые подвергали стандартным испытаниям на растяжение. В результате построены графики из-

менения механических свойств литой латуни ЛС 59-I в зависимости от степени деформации.

Термомеханические режимы литья-штамповки определены допустимыми степенями деформации литых заготовок, которые в свою очередь определяли при испытании образцов на осадку в условиях динамического приложения нагрузки при температурах 700° , 750° и 800°C до появления первых трещин на боковых поверхностях за один ход фрикционного пресса. Осадку проводили на шлифованных бойках, нагретых до температуры 200°C со смазкой и без смазки. Применяли следующие смазки:

- веретенное масло + графит;
- ВНИИМП - 232.

В результате построены графики допустимых степеней деформации в зависимости от температуры. Эксперименты показали, что допустимая степень деформации увеличивается с повышением температуры и уменьшением трения на плоскостях контакта (влияние смазки). У заготовок, отлитых под низким давлением, допустимые степени деформации большие, чем у заготовок, отлитых в кокиль.

Целесообразность внедрения нового процесса и определение границ его рационального применения могут быть установлены путем сравнения комбинированного процесса литья-штамповки с существующими процессами по следующим основным показателям: качеству изделий, экономичности и улучшению условий труда работающих. С этой целью литьем-штамповкой изготавливали поковки "корпуса" и "головки" газового резака "Пламя", а для сравнения брали поковки, изготовленные штамповкой из прутка на Московском экспериментальном заводе гелиевого машиностроения, а также заготовки арматуры, изготовленные литьем под давлением и жидкой штамповкой на Киевском арматурном заводе. Из всех указанных изделий изготавливали макро- и микрошлифы для изучения структуры и образцы для определения физико-механических свойств. Структура поковок, полученных литьем-штамповкой, плотная с достаточной степенью измельчения зерна в процессе деформации литой заготовки, без заметно выраженной направленности волокон. Поэтому свойства таких поковок равномерны во всех направлениях.

Физико-механические свойства, приведенные в таблице I,

Таблица I

Технологический процесс получения детали	Направление вырезки образцов	Предел прочности $\sigma_b \left[\frac{кг}{мм^2} \right]$	Относительное удлинение		Относительное сужение $\psi [\%]$
			$\delta [\%]$		
Литье под давлением	Продольное	37,4 ± 37,8	9,0 ± 12,8	-	
	Холодная штамповка	40,5 ± 48,2	12,8 ± 20,0	11,3 ± 19,7	
Литье-штамповка	Поперечное	41,0 ± 47,5	14,2 ± 21,4	13,5 ± 20,6	
	Продольное	42,6 ± 44,3	29,2 ± 32	28,2 ± 32,7	
Штамповка из прессованного прутка	Поперечное	43,4 ± 44,0	28,1 ± 30,8	33,0 ± 36,4	
	Продольное	44,0 ± 44,2	36,0 ± 37,2	28,7 ± 31,8	
	Поперечное	42,1 ± 43,1	34,0 ± 34,9	27,7 ± 30,8	

определены по результатам испытаний на растяжение образцов, вырезанных из центральной зоны деталей, изготовленных различными технологическими методами. Из данных таблицы видно, что предел прочности поковок, полученных из прутка и из литых заготовок примерно одинаков, и совпадает со средним значением этого показателя для заготовок, полученных жидкой штамповкой. Предел прочности заготовок, литых под давлением, несколько ниже. Относительное удлинение, характеризующее пластические свойства материала, имеет наибольшее значение у поковок, штампованных из прутка. Технология литья-штамповки также обеспечивает достаточно высокие значения этого показателя ($\sim$ на 10% меньше, чем у штампованных из прутка). Относительное удлинение у заготовок, полученных жидкой штамповкой и литых под давлением в 2-3 раза ниже штампованных из прутка, что свидетельствует об их большой хрупкости.

Значительный разброс значений всех физико-механических характеристик у заготовок, полученных жидкой штамповкой, по сравнению со всеми другими технологическими процессами объясняется недостаточно жестким соблюдением температурно-временного режима процесса из-за отсутствия специализированного оборудования. В этих условиях различная степень подстуживания металла перед штамповкой сказывается на разбросе механических характеристик в получаемых изделиях.

Определение оптимальной формы и размеров литой заготовки проводили при штамповке заготовок с различными размерами их поперечных сечений со степенями деформации от 15% до 30%. При постоянной высоте заусенца варьировали ширину с целью определения возможности получения готовой поковки с минимальным заусенцем при качественной структуре, четком заполнении полости штампа, требуемых значениях физико-механических свойств. Исследования показали, что качественные поковки "головки" резака можно получать из литой заготовки со степенями деформации 25 ± 30% и с шириной заусенца δ , равной 1,5 ± 3,0 мм.

Поскольку форма литой заготовки приближена к форме поковки и заусенец, образующийся при штамповке, небольшой, усилие деформирования при литье-штамповке меньше, чем при штамповке из прутка (в нашем случае $\sim$ на 25%), а работа де-

формации меньше примерно на 40%.

При проектировании технологического процесса необходимо знать распределение деформаций и напряжений по объему поковки. Решение этой технологической задачи выполнено экспериментально-аналитическим методом — методом визиопластичности с помощью координатных сеток, нанесенных на свинцовые заготовки, имеющие цилиндрическую форму и форму, приближенную к готовой поковке. По смещению положения узлов сетки при поэтапном деформировании получали траектории движения точек металла по сечениям поковок, штампуемых из прутка и из литой заготовки, которые использовались для нахождения скоростей деформации и скоростей сдвига.

ГЛАВА IV. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ПРОЦЕССА ЛИТЬЯ-ШТАМПОВКИ

Теоретическая часть работы состояла в разработке методики определения оптимальной формы и размеров литой заготовки, обеспечивающих получение изделий с заданными механическими характеристиками; методики определения напряженного состояния; разработке технологического процесса литья-штамповки и руководящих материалов по его проектированию; обосновании экономической целесообразности процесса.

Конфигурация литой заготовки под последующую штамповку определяется размерами поковки и формой ее поперечных сечений. Поскольку литую заготовку можно получать сложной формы, заготовительные ручки не требуются, а штамповку производят в одном окончательном ручье.

Методика определения оптимальной формы и размеров литой заготовки состоит в следующем:

1. Чертеж поковки вертикальными линиями разбивают на несколько частей, так чтобы эти линии проходили через все характерные сечения поковки.

2. Вычисленные с учетом допусков площади характерных сечений поковки в виде отрезков откладываются в определенном масштабе относительно выбранной горизонтальной оси.

3. Концы отрезков соединяются плавной линией с учетом характера изменения площадей, в результате чего получается эюра поперечных сечений поковки.

4. В противоположную сторону от горизонтальной оси в том же масштабе откладывается ордината, выражающая площадь сечения заусенца. Полученная суммарная эюра представляет собой эюру поперечных сечений литой заготовки, а ее общая площадь выражает объем заготовки.

5. Далее по известным площадям сечений заготовки с учетом требуемой степени деформации в каждом сечении назначается форма этих сечений и вычисляются их размеры.

При построении эюры поперечных сечений заусенца высота заусенца h_j определяется по известным формулам. Например, при штамповке в открытых штампах на фрикционных прессах

$$h_j = 0,02 \sqrt{F_n} + (0,2 \div 0,3) \text{ мм}$$

где F_n — площадь проекции поковки на плоскость разреза штампов, мм^2 .

Значения h_j округляют до ближайшего большего из таблицы 2, по которой определяется и соответствующая ширина заусенца.

Таблица 2

h_j мм	b_j мм
1,0	
1,6	4,0
2,0	6,0
3,0	
4,0	8,0
5,0	
6,0	10,0

Деформированное состояние при штамповке литой заготовки, имеющей оптимальные размеры и форму, можно считать плоским (течение металла вдоль ее длины почти отсутствует).

Из дифференциальных уравнений равновесия для плоского деформированного состояния и уравнений связи напряжений со скоростями деформации выражаются значения напряжений.

$$\sigma_x = -\frac{4}{\sqrt{3}} \alpha \int \frac{\dot{\epsilon}_x (\dot{\epsilon}_x \frac{d\dot{\gamma}_{xz}}{dx} - \dot{\gamma}_{xz} \frac{d\dot{\epsilon}_x}{dx})}{(4\dot{\epsilon}_x^2 + \dot{\gamma}_{xz}^2)^{3/2}} dx + C_1 \quad (I)$$

$$\sigma_z = -\frac{4}{\sqrt{3}} \sigma_1 \int \frac{\dot{\gamma}_{xz}(\dot{\gamma}_{xz} \frac{d\dot{\epsilon}_x}{dx} - \dot{\epsilon}_x \frac{d\dot{\gamma}_{xz}}{dx}) + \dot{\epsilon}_x(\dot{\epsilon}_x \frac{d\dot{\gamma}_{xz}}{dz} - \dot{\gamma}_{xz} \frac{d\dot{\epsilon}_x}{dz})}{(4\dot{\epsilon}_x^2 + \dot{\gamma}_{xz}^2)^{3/2}} dx + C_2 \quad (2)$$

$$\tau_{xz} = \frac{\sigma_1}{\sqrt{3}} \frac{\dot{\gamma}_{xz}}{\sqrt{4\dot{\epsilon}_x^2 + \dot{\gamma}_{xz}^2}} \quad (3)$$

Поскольку технологический процесс литья-штамповки проводят в условиях горячей пластической деформации с достаточно большими обжатиями, то металл можно рассматривать как идеальное жестко-пластическое тело, у которого напряжение текучести постоянно по всему объему. Форма литой заготовки приближена к форме окончательной поковки и сечения литой заготовки в плоскостях, перпендикулярных продольной оси, искажаются незначительно, в отличие от штамповки из прутка. Это позволяет нанести координатную сетку на некоторых плоскостях литой заготовки перпендикулярных оси и произвести поэтапное деформирование с фотографированием изменения положения узлов сетки. Определяется в виде графиков распределение скоростей деформации, сдвига и их производные по всему объему тела в интересующий нас этап деформирования. Выразив эти графики приближенно-аналитическими зависимостями, подставляем эти функции в уравнения для σ_x и σ_y . Интегрирование полученных уравнений позволяет получать функциональные зависимости напряжений от координаты X при постоянном значении координаты Z .

Например, распределение напряжения σ_z при $Z = 0$ выражается уравнением:

$$\sigma_z = \sigma_1 [2,78 \ln(x^2 - 30,8x - 171,3) + 2,12 \ln(\frac{x-35,6}{x+\sqrt{48}})] + C \quad (4)$$

Вычислены и построены графически распределение скоростей деформации, сдвига и напряжений по объему очага пластической деформации в период доштамповки и распределение средней степени деформации ϵ_z в плоскости разреза штампа за полный период деформирования.

Деформирующее усилие, необходимое для штамповки удлиненных в плане поковок, определяется по известной формуле:

$$P = \sigma_s [(1 + 0,5 \frac{b_2}{h_2}) F_2 + (1 + \frac{b_2}{h_2} + 0,1 \frac{acp}{h_2}) F_n] \quad (5)$$

Этой формулой можно пользоваться и для нахождения усилия деформирования при комбинированном технологическом процессе

литье-штамповка. При штамповке на фрикционных прессах напряжение текучести следует принимать равным:

$$\sigma_3 = (2+3)\sigma, \quad (6)$$

где σ - предел прочности материала при температуре окончания процесса штамповки.

В формуле (5) под F_3 следует подразумевать площадь заусенца, вычисленную по принятому значению его ширины b_3 .

ГЛАВА У. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ЛИТЕЙНО-ШТАМПОВЫХ АВТОМАТОВ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ ВНЕДРЕНИЯ

Проведенные исследования комбинированного технологического процесса позволили разработать эскизный проект литейно-штамповочного автомата, представляющего собой 4-х позиционную установку, в каждой из позиций которой осуществляется одна из операций технологического процесса. В позиции I производится отливка заготовки под низким давлением, в позиции II осуществляется штамповка заготовки за один ход пресса в многоручьевом штампе, в позиции III производится обрезка заусенца, в позиции IV заусенец удаляется в специальную тару, откуда возвращается в плавно-раздаточную лещу для повторного использования. Межоперационная транспортировка заготовок производится посредством 4-х позиционной механической руки. Применение литья под низким давлением позволило автоматизировать операцию заливки расплавленного металла в литейную форму.

Технико-экономические преимущества литья-штамповки по сравнению со штамповкой из прессованного прутка являются следствием замены дорогостоящего исходного материала - прутка более дешевой чушковой латуни, используемой для питания литейно-штамповочного автомата, а также возможностью последующего использования отходов штамповочного производства. Износ штамповой оснастки при литье-штамповке меньше, поскольку оптимальная форма заготовки обеспечивает заполнение полости штампа при меньших удельных деформирующих усилиях.

Предварительный технико-экономический расчет показывает, что годовой экономический эффект от внедрения литейно-штамповочного автомата составит около 200 тыс. руб., а срок окупаемости дополнительных капиталовложений - менее одного года.

Опытные поковки, полученные из литых заготовок, были переданы Московскому экспериментальному заводу Гелиевого машиностроения. Испытания на герметичность изделий подтвердили удовлетворительную плотность согласно предъявляемым техническим требованиям. После механической обработки детали головки и корпуса были установлены в комплекты резакон и направлены в производство, где они показали полную работоспособность.

В настоящее время по заданию Министерства химического и нефтяного машиностроения организация ЦПКБ НОТ на основе наших исследований ведет разработку технической документации на опытно-промышленный образец литейно-штамповочного автомата, изготовление и испытание которого предполагается в 1975 г.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Разработана новая технология и методика проектирования комбинированного процесса литья-штамповки.

2. Экспериментально подтверждено, что поковки из латуни ЛС 59-1, изготовленные комбинированным процессом литья-штамповки, более плотные и имеют более высокие механические характеристики, чем заготовки, полученные литьем под давлением или жидкой штамповкой. Предел прочности σ_b у поковок, полученных из литых заготовок, составляет ~ 43 кг/мм², а относительное остаточное удлинение $\delta = 29,5\%$.

Комбинированный процесс литья-штамповки позволяет получать детали арматуры и газосварочной аппаратуры из латуни в соответствии с предъявляемыми к ним требованиями.

3. Исследование макро- и микроструктуры показало, что структура литой латунной заготовки при соответствующих степенях деформации может быть превращена в мелкозернистую, не отличающуюся от структуры поковок, полученных из прутка.

Для получения качественной структуры и гидроплотности поковки необходимо штамповать литую заготовку со степенью деформации порядка 30%.

4. Для анализа напряженно-деформированного состояния при штамповке литых заготовок в открытых штампах и оценки деформируемости использован экспериментально-аналитический метод исследования кинематического и напряженного состояния, получивший дальнейшее развитие в данной диссертационной работе.

5. Выбор литой заготовки оптимальной формы и размеров обеспечивает возможность заполнения полости штампа осадкой при минимальном заусенце, что требует меньших усилий деформирования и работы деформации по сравнению со штамповкой прессованных заготовок, а, следовательно, способствует повышению стойкости штамповой оснастки.

6. На основании проведенных исследований комбинированный процесс литья-штамповки можно рекомендовать для массового производства толстостенных изделий, имеющих простую конфигурацию без многосторонних поднутрений.

Для получения литых заготовок можно рекомендовать литье под низким давлением, позволяющее полностью автоматизировать технологический процесс.

7. Разработаны рекомендации, руководящие материалы для проектирования технологического процесса литья-штамповки деталей из латуни ЛС 59-I, а также технические условия и эскизный проект литейно-штамповочного автомата.

8. Предварительные технико-экономические расчеты показывают высокую экономичность комбинированного процесса литья-штамповки. Так, себестоимость поковки "корпуса" резака, штампованной из литой заготовки, на 7,5 коп. ниже, чем из прессованной, что составляет ~ 25% от себестоимости поковки.

9. Испытания изделий, установленных на газовых резаках "Пламя", в производственных условиях показали их полную работоспособность и целесообразность широкого внедрения в промышленность технологического процесса литья-штамповки для получения деталей из латуни ЛС 5-I.

* * *

Диссертация содержит III стр. текста, 79 рисунков, 6 таблиц. В списке литературы приведено 82 наименования.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах.

1. Езев А.С., Зимин А.И., Кранков Е.С. и Островский В.П. авторское свидетельство № 384617 Бюллетень № 25, 1973.

2. Езев А.С., Кранков Е.С. Установка для производства деталей комбинированным методом литья-штамповки. "Кузнечно-прессовое машиностроение". НИИМАШ № 3, 1974.