

Раскрываем определитель, получим:
 $-\operatorname{tg} \tau \cdot \operatorname{ctg} \beta + \cos \varepsilon_B + \operatorname{tg} \varepsilon_B \cdot \sin \varepsilon_B = 0.$

Преобразуя, получим:

$$\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} \tau \cdot \cos \varepsilon_B$$

При известных величинах a_0 и τ определим положение точки B , при котором угол наклона касательной к профилю шлифовального круга будет равен заданной величине β_B . Расчет координат точки B ведется в следующей последовательности:

$$\cos \varepsilon_B = \frac{\operatorname{tg} \beta_B}{\operatorname{tg} \tau}$$

$$X_B = 0; Y_B = \frac{a_0}{\operatorname{tg} \varepsilon_B}; Z_B = Y_B \cdot \operatorname{ctg} \tau.$$

Выводы

1. Рассмотрен способ правки шлифовального круга с криволинейным профилем, при котором алмаз в оправке

перемещается по прямой, скрещивающейся с осью круга, угол между которыми равен τ , и межосевое расстояние — a_0 .

2. Графически определен профиль шлифовального круга при выбранных величинах a_0 и τ . На основе графического решения выведены аналитические зависимости для расчета координат точек профиля шлифовального круга.

3. Выведены аналитические зависимости для расчета угла β наклона касательной к профилю круга в произвольной его точке.

4. Определено положение точки на профиле шлифовального круга, в которой угол β наклона касательной равен заданной величине.

Литература

1. Равська Н. С., Мельничук П. П., Родін П. Р. Технологія інструментального виробництва. — ЖИТИ, 2001.

УДК 621

Скрябин С.А.¹, Полохов В.Н.², Барабой Н.Н.³, Скрябин К.С.¹

¹ НПП „Ухналь”. Украина, г. Киев.

² Киевский авиационный завод „АВИАНТ”. Украина, г. Киев.

³ ГАКХ «Артем»

ШТАМПОВКА ПОКОВОК ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ С ВЫТЯНУТОЙ ОСЬЮ, ТОНКИМ ПОЛОТНОМ, ЗАКРЫТЫМИ СЕЧЕНИЯМИ И ГЛУБОКОЙ ПОЛОСТЬЮ

Анотація

У статті описаний стан питання по виготовленню гарячим деформуванням штампованих поковок з алюмінієвих сплавів. Запропонована експериментально підтверджена й освоєна у виробництві технологія виготовлення якісних штампованих поковок з алюмінієвих сплавів з витягнутою віссю, тонкою полотною, закритими перетинами і глибокою порожниною.

Проведено аналіз причин виникнення дефектів і на прикладі описаної технології виготовлення штампованої поковки «Качалка» дані рекомендації з їхнього усунення і побудови підготовочо-заготівельних струмків.

Abstract

In the article the status of a question on manufacturing by hot deformation forgings stamped from aluminum alloys is described. There was offered an experimentally proved and implemented in production technology of production of quality closed die forgings from aluminum alloys with elongated axis, thin flat part, closed bridges and deep cavity.

There was conducted an analysis of causes why defects appear and, using the example of the described technology in production of closed die forging «Rocker», there were given recommendations to remove them and to create preparatory and storage channels.

Как отмечалось в ранее опубликованных работах [1, 2, 3, 4], что основная часть штампованных поковок из алюминиевых сплавов на заводах авиационной промышленности изготавливается на штамповочном оборудовании многократной штамповкой из не профилированных заготовок в чистовом (окончательном) ручье штампа с промежуточными операциями обрезки облоя, травления, зачистки, нагрева, что значительно удлиняет цикл изготовления штамповок и увеличивает трудоемкость их изготовления. При этом коэффициент использования металла находится в пределах 0,15–0,3, в связи с тем, что детали используемые в изделиях отрасли, отличаются конструктивной сложностью (наличием тонких высоких ребер; малых радиусов сопряжения; тонких полотен с закрытыми сечениями и глубокими полостями). Кроме этого, детали имеют различные выступы, бонки, головки. Это определяет не технологичность их изготовления и появление разнообразных дефектов в процессе штамповки.

Характерным представителем данной группы является штампованная поковка «Качалка», рис.1, изготавливаемая из алюминиевого сплава АК6.

Наличие глубокой полости требует увеличения поперечного сечения исходной заготовки из-за не заполнения этой полости металлом расчетной заготовки

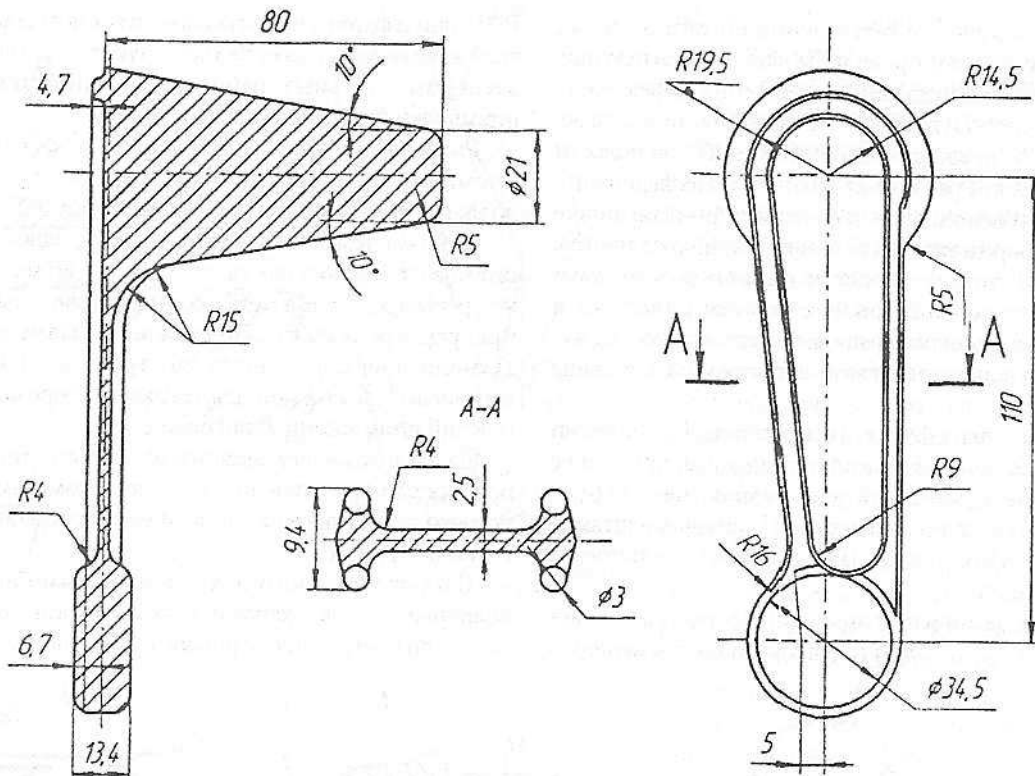


Рис. 1. Штампованная поковка «Качалка», сплав АК6

и высокой трудоемкости изготовления штамповки (три операции штамповки в чистовом ручье с промежуточными операциями обрезки облоя, травления, зачистки, нагрева). Операция протяжки заготовок под штамповку на молоте ковки, с последующей зачисткой ступенек неправильной формы, рис. 2, уменьшает норму расхода исходной заготовки, не исключая наличия третьей штамповки, что увеличивает трудоемкость. Данная группа штампованных поковок в изготовлении является не технологичной.

Технологические процессы изготовления штампованных поковок из алюминиевых сплавов с вытянутой осью из предварительно не подготовленных заготовок характеризуются низкой производительностью, высокой трудоемкостью, повышенным расходом металла. Отсутст-

вие технологических рекомендаций по проектированию подготовительно-заготовительных ручьев (ПЗР) усугубляет технологический процесс получения качественных штампованных поковок с высокой производительностью, низкой трудоемкостью, повышенным коэффициентом использования металла (КИМ).

Проведенный литературный обзор по выявлению рекомендаций и применению ПЗР при изготовлении штампованных поковок из алюминиевых сплавов показал, что технология изготовления штампованных поковок из стали с применением ПЗР достаточно изучена [5, 6–8, 9, 10, 11 и др.], что свидетельствует о значительных преимуществах технологии с применением ПЗР, но рекомендации по применению и проектированию ПЗР

для изготовления штампованных поковок из алюминиевых сплавов отсутствуют. Кроме этого, алюминиевые сплавы менее технологичны для горячего деформирования чем стали, т.к. относительное удлинение δ , как показатель пластичности при ковочных температурах у алюминиевых сплавов ниже, а также из-за отличия физико-механических, термомеханических свойств и особенностей горячего деформирования алюминиевых сплавов. Поэтому существующие рекомендации по проектированию ПЗР для изготовления штампованных поковок из стали, не могут быть использованы при проектировании ПЗР для горячего деформирования алюминиевых сплавов.

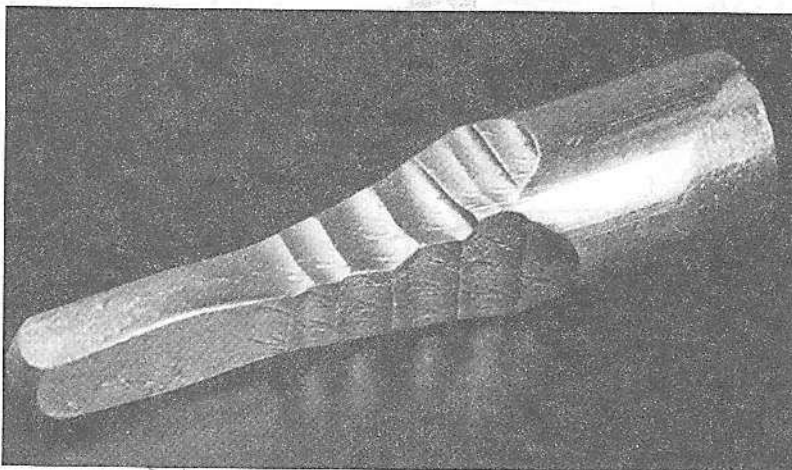


Рис. 2. Заготовка изготовленная на молоте ковки

С целью получения качественных штампованных поковок, рис. 1, были проведены экспериментальные исследования по определению появления дефектов на операции штамповки и причин их возникновения, а также условий обеспечивающих заполнение глубокой полости штампа металлом расчетной заготовки. Исследования показали, что основными дефектами при штамповке поковок типопредставителей данной группы являются: незаполнение глубокой полости; наличие прострелов и зажимов на участке стержня с тонким полотном и закрытым двутавровым сечением, недоштамповка. Характерные места появления указанных дефектов, показаны на рис. 3, 4.

Расчеты, анализ дефектов и существующей технологии изготовления данной штамповки показывает, что ее изготовление с меньшей трудоемкостью требует применения операции вальцовки [4], наличия в штампе кроме чистового, ряда ПЗР – подготовительного и чернового ручьев.

Опыт применения подготовительных ручьев, описанный в работах [1, 2, 3, 4] и публикации по применению

ПЗР при изготовлении штампованных поковок из стали, дали возможность спроектировать оснастку для проведения экспериментальных работ и освоения технологии штамповки поковки «Качалка», рис. 1.

Расчеты показали, что исходная заготовка для штамповки после операций вальцовки или протяжки должна иметь размеры указанные на рис. 5.

В связи с тем, что штамповка имеет в одной половине штампа глубокую полость высотой $h = 80$ мм, для сбора и перераспределения металла в подготовительном ручье предусмотрена во второй половине штампа ответная технологическая полость, построенная из условия сохранения объема металла, согласно эпюре поперечных сечений штампованной поковки, рис. 6.

Далее поковка штампуется в черновом ручье, рис. 7 и приобретает вид близкой по форме и размерам чистовой поковки, а затем производится штамповка в окончательном (чистовом) ручье.

Вокруг чернового ручья необходимо выполнить облойные мостик и канавку в соответствии с рекомендациями по построению чернового ручья, приведенными в

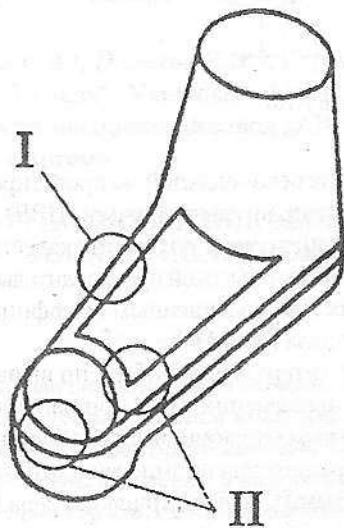


Рис. 3. Штампованная поковка «Качалка»

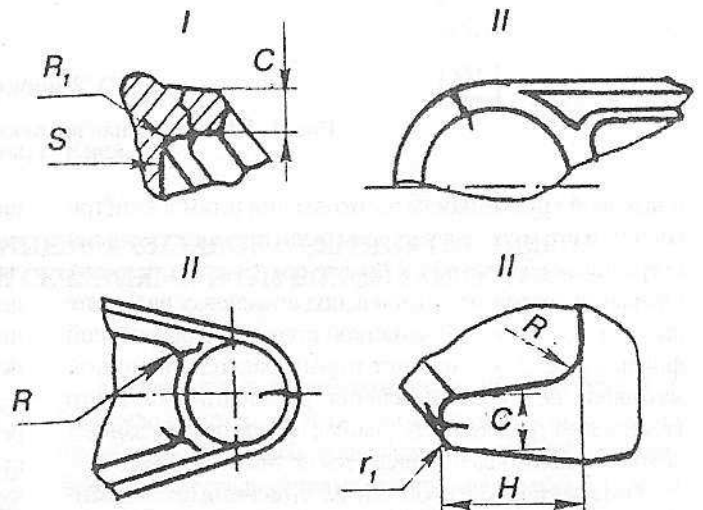


Рис. 4. Характерные дефекты, образующиеся при изготовлении штамповок «Качалка»: I – прострел; II – зажим

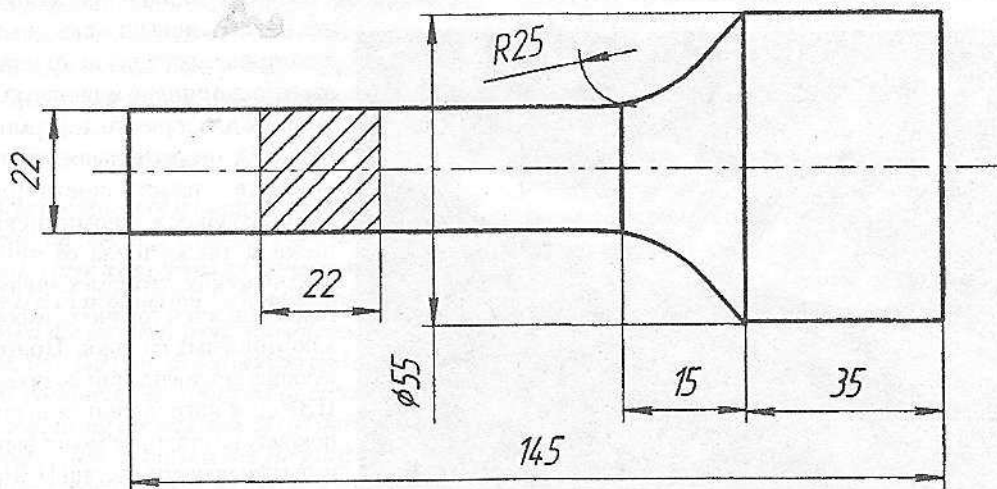


Рис. 5. Заготовка для штамповки поковки «Качалка»

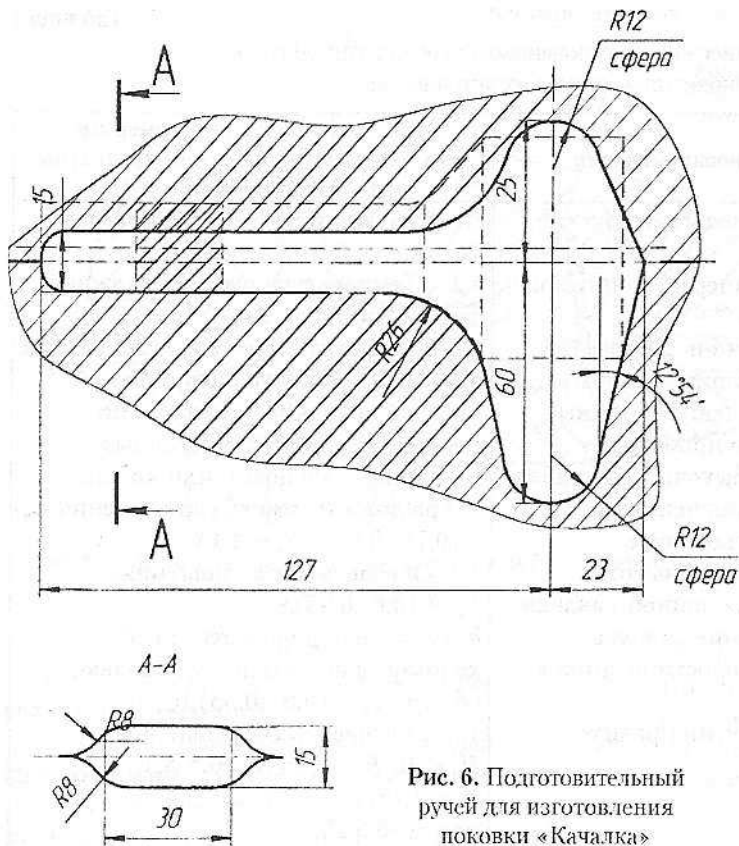


Рис. 6. Подготовительный ручей для изготовления поковки «Качалка»

табл. 1, рис. 8. Толщину полотна S в черновом ручье увеличить на 0,2–0,3 — толщины полотна окончательно штампованной поковки.

Проведение экспериментальных работ по освоению данной штампованной поковки показало, что поперечное сечение исходной заготовки из-за не заполнения глубокой полости, необходимо увеличить с $\varnothing 50$ на $\varnothing 55$ мм, увеличить размеры ответной технологической полости в подготовительном ручье до размеров, указанных на рис. 6.

Кроме этого, в подготовительном ручье не делать облойной канавки и на тонком стержне не делать ребер, т. к. из-за избытка металла в предварительно подготовленной заготовке, штамповку будут сопровождать дефекты (прострелы, зажимы).

После изменения размеров исходной заготовки, доработки ПЗР штампа, проведения экспериментальных исследований и освоении технологии изготовления данной поковки на штамповочном молоте с массой падающих частей 2 т за одну штамповку, на поковках обрезали облой, проводили химическую очистку (травление) поверхности поволоков с последующим осветлением и промывкой водой, с целью обнаружения дефектов.

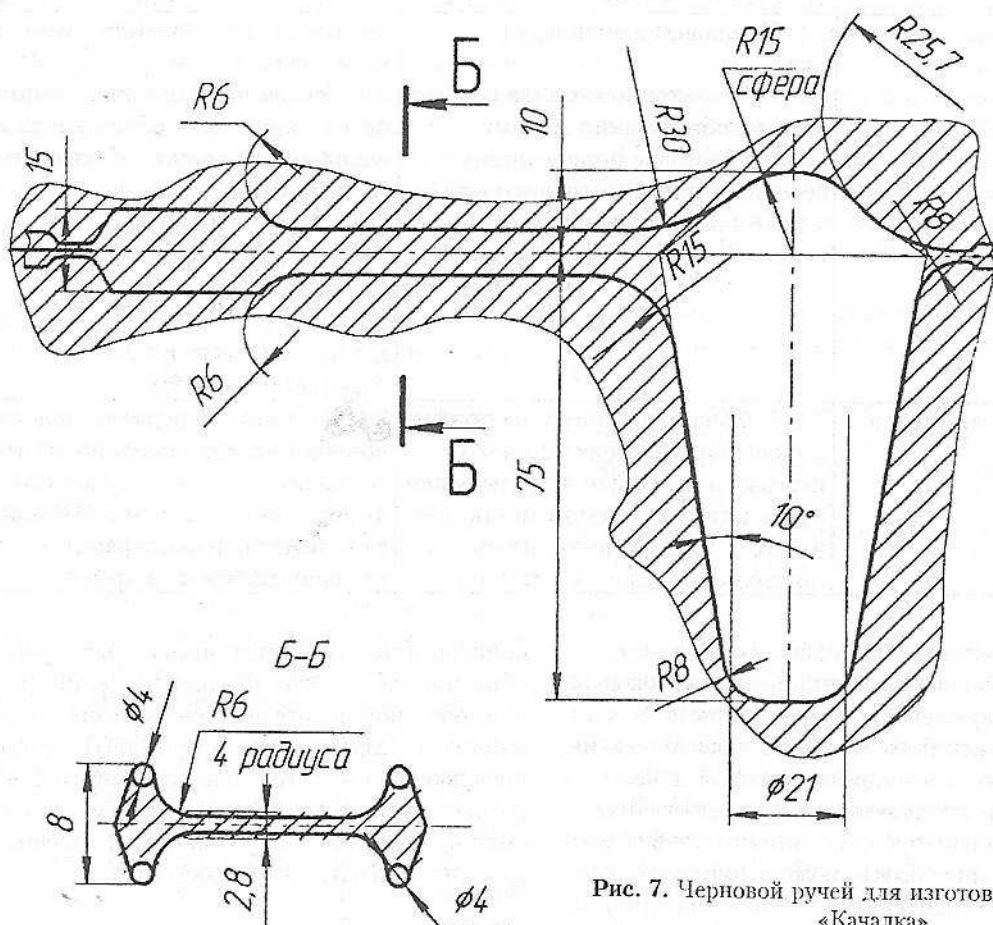


Рис. 7. Черновой ручей для изготовления поковки «Качалка»

Таблица 1

Характерные дефекты, образующиеся на штампованных поковках данной группы.
Причины возникновения и методы их устранения

№ дефекта	Наименование дефекта	Причины возникновения	Методы устранения (размерные соотношения с буквой «ч» приведены для проектирования ЧР)
I	Прострелы у основания ребер	1.1. Заготовка недостаточно нагрета 1.2. Низкая температура штампа 1.3. Неправильно подготовлена заготовка (большие размеры поперечного сечения и длины), вследствие чего происходит вытеснение избыточного металла в облой под заполненными ребрами при штамповке 1.4. Недостаточные высоты мостика h_m и облойной канавки h_k , малое значение радиуса выхода r из полости штампа в облой 1.5. Малые значения радиуса сопряжения R_1 1.6. Избыток смазки, нанесенной на гравюру штампа	1.1. Соблюдать технологию нагрева заготовки 1.2. Температура штампа должна быть $\geq 250^\circ\text{C}$ 1.3. Уменьшить площадь сечения или правильно распределить объем металла исходной заготовки по сечениям на подготовительных операциях вальцовки иликовки. Ребра должны иметь соотношения $C_{\text{ч}} \geq (0,75...0,8)S_{\text{ч}}$; $S_{\text{ч}} = 1,1S$ 1.4. Обеспечить соотношения: $h_{\text{мч}} = (0,8...0,95)S_{\text{ч}}$; $h_{\text{к}}$ увеличить до высоты, необходимой для заполнения канавки облоем; $r_{\text{ч}} = (0,5...0,33) b_{\text{мч}}$ 1.5. Обеспечить соотношения: $H_{\text{ч}} < H$; $R_{1\text{ч}} \geq 0,6(H_{\text{ч}} - 0,5 S_{\text{ч}})$; $S_{\text{ч}} = 1,1S$; $r_{\text{ч}} = (1,5...2)r$ или $r_{\text{ч}} \approx 0,5 R_{1\text{ч}}$; $C_{\text{ч}} > C$ 1.6. Нанесение смазки должно быть оптимальным
II	Зажимы	2.1. Неправильная укладка заготовки 2.2. Недостаточно металла на участке образования зажима (малые размеры поперечного сечения и длины заготовки или малые значения радиусов сопряжений R, R_1, r_1)	2.1. Соблюдать правила технологии к укладке заготовки 2.2. Увеличить или правильно перераспределить объем металла исходной заготовки, обеспечить соотношения: $(H_{\text{ч}} - 0,3 S_{\text{ч}}) \leq (2...3)C_{\text{ч}}$; $C_{\text{ч}} > C$; $r_{\text{ч}} \leq 0,33C_{\text{ч}}$; $S_{\text{ч}} = 1,1S$; $H_{\text{ч}} < H$; $R_{\text{ч}} \geq 2R$; $h_{\text{мч}} = S_{\text{ч}}$; $r_{\text{ч}} = (1,5...2)r$ или $r_{\text{ч}} \approx 0,5 R_{1\text{ч}}$; $R_{1\text{ч}} \geq 0,6(H_{\text{ч}} - 0,5 S_{\text{ч}})$
III	Недоштамповка	2.1. Большая по объему не профилированная заготовка с плохо перераспределенным в предыдущем ручье штампа объемом металла – избыток металла выходит на поверхность разъема штампов	2.1. Уточнить перераспределение объема металла исходной заготовки согласно требуемым условиям деформации, применяя ПР или заготовительную операцию (вальцовка,ковка и др.)

Визуальным осмотром и анализом макроструктуры (макро-, микро) окончательно штампованной поковки, дефектов не обнаружено. Поковки соответствовали требованиям технической документации и такая технология была рекомендована для внедрения в производство.

При проведении экспериментальных исследований было установлено, что изготовление типопредставителей указанной группы штамповок на молотах, имеет некоторые преимущества по сравнению с их изготовлением на

кривошипных горячештамповочных прессах. Это объясняется тем, что при изготовлении поволок на штамповочном молоте имеется возможность регулирования силы удара (степени деформации) и осуществления продувки скопившегося в полости штампа нагретого воздуха (химическое соединение элементов воздуха и смазки), что позволяет улучшить заполнение полости ручья штампа и избежать прострелов.

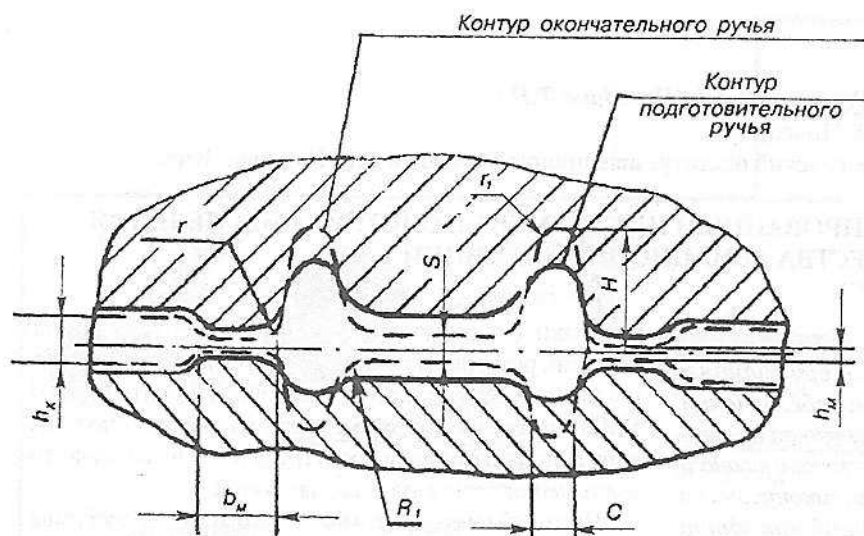


Рис. 8. Контуры закрытых поперечных сечений окончательного чернового ручья

Выводы

1. Установлено, что общими принципами проектирования ПЗР являются:

- сохранение равенства площадей поперечных сечений предварительно и окончательно штампованных поковок на основе построения эпюры характерных сечений, с учетом 30-50% площади сечения облоя, выбранных канавки и мостика вокруг окончательного ручья;

- для штампованных поковок, имеющих в одной половине штампа глубокоую полость, для сбора и перераспределения металла в подготовительном ручье необходимо предусмотреть во второй половине штампа ответную полость, построенной из условия сохранения объема металла, согласно эпюре поперечных сечений штампованной поковки;

- в подготовительном ручье не делать облойной канавки и на тонком стержне не делать ребер, т. к. из-за избытка металла в предварительно подготовленной заготовке, штамповку будут сопровождать дефекты (прострелы, зажимы);

- размеры и плоскости разреза ПЗР принимаются такими же, как и у окончательного;

- предварительно штампованная поковка должна укладываться в окончательном ручье штампа и надежно фиксироваться в нем;

- разработанные чертежи ПЗР проверяются на отсутствие критических степеней деформации по сечениям штампованной поковки;

- размещение ПЗР по возможности проводить в одном штампе с целью изготовления штампованных поковок с одного нагрева и экономии штамповой стали.

2. Изготовление штампованных поковок с применением процесса вальцовки и ПЗР позволит обеспечить:

- снижение трудоемкости изготовления штампованных поковок в 1,5-2 раза за счет применения технологических переходов и исключения многократных операций горячего деформирования заготовки только в окончательном ручье штампа и, соответственно, уменьшения зачистки поковок;

- увеличение коэффициента использования заготовки за счет уменьшения отхода в облой до 0,6-0,85;

- увеличение экономии энергоресурсов за счет сокращения количества штамповок с промежуточными операциями нагрева, обрезки облоя, травления и зачистки заготовок в 1,5-2 раза;

- улучшение структуры и повышение качества штампованных поковок за счет обеспечения равномерной деформации по сечениям поковки, а также улучшение условий течения металла в окончательном ручье штампа.

Литература

1. Скрыбин С.А., Полохов В.Н., Скрыбин К.С. Применение процесса вальцовки и подготовительных ручьев при изготовлении горячим деформированием штампованных поковок из алюминиевых сплавов с вытянутой криволинейной осью и закрытыми сечениями. - Киев: Технологические системы. - 2003. - № 4. - С. 32-37.
2. Скрыбин С.А., Полохов В.Н., Скрыбин К.С. Применение процесса вальцовки и подготовительных ручьев при изготовлении горячим деформированием штампованных поковок из алюминиевых сплавов, имеющих вытянутую ось с отрезками. - Киев: Технологические системы. - 2004. - № 3. - С. 29-32.
3. Скрыбин С.О., Скрыбин К.С. Виготовлення гарячим деформуванням штампованих поковок з алюмінієвих сплавів, які мають високі масивні ребра та тонке коротке полотно. - Вінниця: Вісник ВПІ. - 2004. - № 6. - С. 77-80.
4. Скрыбин С.А., Колташников А.И. Профилирование заготовок на ковочных вальцах. - М.: Машиностроение, 1988. - С. 224.
5. Бабенко В.А., Бойцов В.В., Воллик Ю.П. Объемная штамповка. Атлас схем и типовых конструкций штампов. - М.: Машиностроение, 1965. - 395 с.
6. Бойцов В.В., Трофимов И.Д. Горячая объемная штамповка. - М.: Высшая школа, 1982. - 270 с.
7. Брюханов А.Н., Ребельский А.В. Горячая штамповка. Конструирование и расчет штампов. - М.: Машгиз, 1952. - 546 с.
8. Брюханов А.И. Ковка и объемная штамповка. - М.: Машингиз, 1960. - 420 с.
9. Ковка и объемная штамповка стали. Справочник, том 1 // Под ред. д.т.н. М.В.Сторожева. - М.: Машиностроение, 1967. - 436 с.
10. Мастеров В.А., Берковский В.С. Теория пластической деформации и обработка металлов давлением. - М.: Металлургия, 1970. - 296 с.
11. Семенов Е.И. Ковка и объемная штамповка. - М.: Высшая школа, 1972. - 352 с.