

УДК 621.73

С.Б. Каргин, аспирант
 Приазовский государственный технический университет

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОВКИ КРУПНЫХ ПОКОВОК

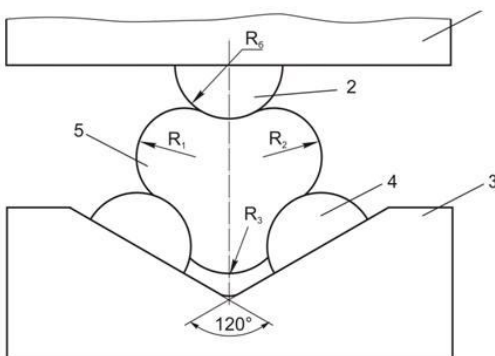
Представлені результати досліджень по розробці конструкції профільованих бойків для кування трипелюсткових і чотирипелюсткових заготовок із звичайних зливоків. Показані переваги кованих заготовок в порівнянні з литими. Встановлені величини обтискань і подач, які є необхідними для одержання кованих заготовок потрібної профільованої форми. Досліджено розподіл деформацій та заварювання внутрішніх дефектів.

The results of researches are presented on creation of construction of the profiled anvils for forging of three-lobe and four-lobe billets from ordinary castled bars are presented. Advantages of the forged billets as compared to castled are shown. The sizes of upsetting and serves for forging of billets with necessary shape are determinate. Fields of deformations and weld annihilation of inside defects was research.

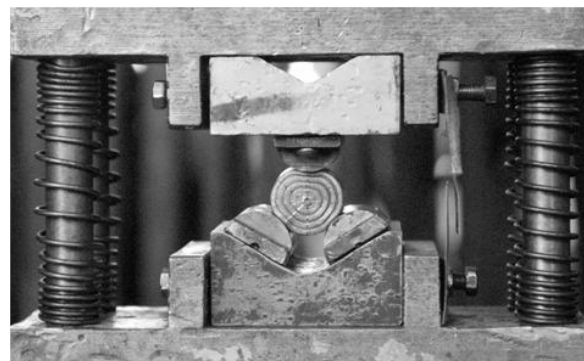
Инновационные технологии ковки опережают традиционные технические решения аналогичного назначения в несколько раз. Разработанный специалистами кафедры «Ковка и штамповка» (МИСиС) [1] метод макросдвигов позволяет управлять течением металла, принципиально по-новому воздействовать на металлы и сплавы при пластической деформации. В процессах ковки, основанных на принципах заданного воздействия на макроструктуру металла путём регулирования потоков пластического течения металла нашло воплощение осуществлять это регулирование, например, за счёт создания кузнечного трёхлепесткового слитка [2]. В этом случае регулирование пластических потоков происходит благодаря изменению соотношения площадей свободных и контактных поверхностей, а также за счёт изменения конфигурации свободных поверхностей заготовки, влияющих на сопротивление вытеснению металла, в частности, формирование заданной формы промежуточной заготовки. При этом за счёт сдвиговых деформаций повышается эффект проработки литой структуры и происходит локализация и распределение макродеформаций в заданных зонах заготовки. Приводятся данные [3], что применение трёхлепесткового слитка массой 7 т позволило исключить брак валков холодной прокатки, увеличить (до 40 %) местные деформации в осевой зоне поковки при укове всего 1,5. Вместе с тем, после производственных экспериментальных исследований на Уралмашзаводе [4] было установлено, что если слитки тrefообразного исходного сечения планируется использовать для получения поковок с малыми укувами (порядка 2), предназначенных для производства изделий ответственного назначения, то при выборе кузнечного инструмента и назначении режимов деформирования следует проявлять определённую осторожность в связи с возможной неоднородностью распределения степени деформации по сечению поковки. По нашему мнению вышеприведенное предостережение связано с тем, что в качестве заготовки использовался литой тrefообразный слиток, которому во многом присущи недостатки литых заготовок. Кроме того, для отливки таких слитков требуются изложницы специальной формы, а это связано с дополнительными затратами.

Целью настоящей работы было исследование технологии получения трёхлепестковых и четырёхлепестковых заготовок ковкой из обычного слитка профилированными комбинированными и вырезными бойками и анализ очага деформации при дальнейшей протяжке вышеуказанных заготовок.

На рис. 1 представлена конструкция профилированных комбинированных бойков для получения трёхлепестковой заготовки ковкой. При этом верхний плоский боёк имеет неподвижно закреплённую на нём вставку 2, выполненную в виде выпуклости. Нижний вырезной боёк (угол выреза ϕ принят 120°) имеет две неподвижные вставки 4, также выполненные в виде выпуклостей.



а – схема процесса

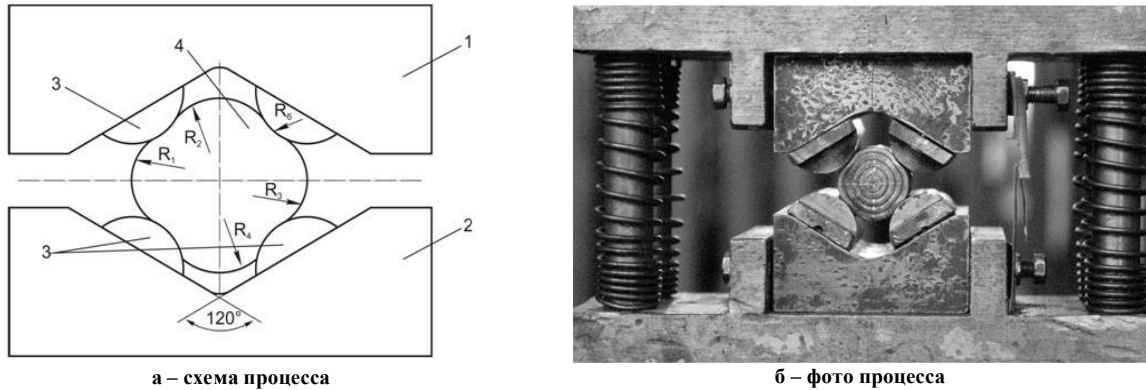


б – фото процесса

Рис.1. Обжатие заготовки комбинированными профилированными бойками
 1 – боёк верхний плоский, 2 – вставка выпуклая верхняя, 3 – боёк вырезной нижний,
 4 – две выпуклые вставки, 5 – заготовка

На рис. 2 представлена конструкция профилированных вырезных бойков для получения четырёхлепестковой кововой заготовки.

Исследованиями было установлено, что после начала деформации комбинированными профилированными бойками происходит локальное выпучивание материала заготовки вверх и в стороны вблизи зон контакта заготовки с выпуклыми профилями рабочих вставок, находящимися на верхнем и нижнем бойках. Выпучивание металла происходит в обе боковые стороны заготовки в равной степени. При этом образуются два верхних выпуклых лепестка заготовки. По направлению действующей силы прессы металл течёт в сторону нижнего вырезного бойка (выдавливается) и образует при этом третий выпуклый лепесток (см. рис. 1). После начала деформирования вырезными профилированными бойками (см. рис. 2) происходит локальное выпучивание (уширение) материала заготовки в горизонтальной плоскости в каждую сторону от вертикальной оси. По направлению действующей силы металл течёт (выдавливается) вверх и вниз между выпуклыми вставками.



а – схема процесса
 б – фото процесса
Рис.2. Обжатие заготовки вырезными профилированными бойками
 1 – боек вырезной верхней, 2 – боек вырезной нижней, 3 – четыре выпуклые вставки, 4 – заготовка

Эксперименты проводили на свинце и стали. Исходная заготовка, физически моделирующая кузнечный слиток, была выбрана диаметром $d_0=30$ мм и длиной $l_0=30$ мм; использовали относительную подачу $\psi=d_0/l_0=1$, т.е. обжатие производили по всей длине заготовки. Радиус выпуклостей бойков принимали равным $R_0=15$ мм, т.е. отношение $R_0/R_3=15/15=1$. В результате исследований было установлено, что для получения трёхлепестковой заготовки правильной формы ($R_1=R_2=R_3$), а также четырёхлепестковой заготовки правильной формы ($R_1=R_2=R_3=R_4$) величина обжатия должна находиться в пределах $\varepsilon=23\div 25\%$ ($\varepsilon=\Delta h/d_0$, где Δh – ход прессы).

Конфигурация полученных кузнечных заготовок в данном случае выступает в роли фактора формы заготовок для реализации эффекта макросдвигов при последующей протяжке.

Полученный ковкой четырёхлепестковый слиток подавался под пресс, где установлены обычные вырезные бойки ($\varphi_1=\varphi_2=120^\circ$). При первом обжатии (рис. 3) элементы 1, примыкающие к вырезным бойкам, принудительно перемещаются к центру слитка, образуя, как показали эксперименты, почти недеформированные объёмы. Аналогичные элементы 2, расположенные у свободной поверхности и не подверженные воздействию бойков, образуют также почти недеформированные объёмы и перемещаются в поперечном направлении. В связи с тем, что объёмы 1 и 2 обладают равным сопротивлением деформации вдоль своих осей симметрии и не деформируются, область наибольших деформаций сосредотачивается в осевой зоне слитка 3.

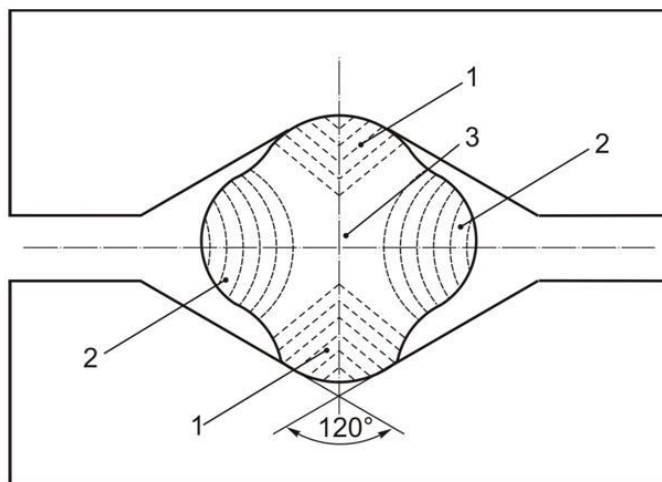


Рис.3. Обжатие четырёхлепестковой заготовки вырезными бойками 1, 2, 3 – характерные объёмы очага деформации

После первого обжатия форма поперечного сечения сохраняет принципиальную структуру – чередующиеся элементы массивного сосредоточения металла и участки с пониженным сопротивлением деформации. После кантовки на 90° обжатие повторяют. Общий уков после этих двух обжатий четырёхлепестковой заготовки небольшой, но осевая зона, как показали эксперименты, оказывается хорошо прокованной. При дальнейшей протяжке для получения окончательной формы поковки проработка осевой зоны ещё более возрастает. Полученный

ковкой трёхлепестковый слиток подавался под пресс, где установлены обычные комбинированные бойки ($\varphi=120^\circ$). Течение металла в очаге деформации и поведение объёмов 1, 2, 3 (рис. 4) будет аналогичным. При этом также реализуется эффект макросдвигов [5].

Наряду с формоизменением важную роль при ковке крупных поковок играет качество поковок, которое определяется проработкой (проковкой) литой структуры. Под проковкой обычно понимается такая переработка материала, которая устраняет дефекты литья, измельчает структуру и повышает свойства металла до определённого уровня, соответствующего кованому состоянию. Определяющим фактором проковки является устранение объёмных дефектов усадочной природы, связанных с наличием пористости и других несплошностей в структуре литого металла. Как известно, усадочная раковина удаляется с прибыльной частью слитка, а осевая рыхлость и пористость остаются в теле поковки. Важно было установить характер распределения деформаций и как происходит закрытие осевого дефекта при ковке по предлагаемой и существующей (стандартной) технологии.

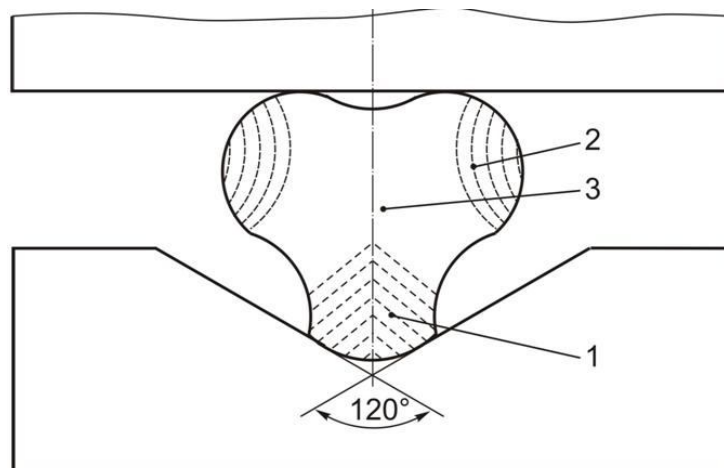


Рис.4. Обжатие трёхлепестковой заготовки комбинированными бойками 1, 2, 3 – характерные объёмы очага деформации

Экспериментальные исследования проводили на моделях с использованием метода координатных сеток. Специально изготовленным шаблоном сетка наносилась на торцы образцов. На плоскую поверхность полуцилиндров, которые затем спаивали сплавом Вуда, сетка размером 3×3 мм наносилась штангенрейсмусом. Для оценки основных показателей качества производили моделирование степени закрытия и заковки внутренних дефектов на свинцовых и стальных образцах. Был предложен новый метод исследования степени закрытия внутренних дефектов при ковке свинцовых образцов. Сущность его заключается в том, что в свинцовых образцах диаметром $d_0=30$ мм и длиной $l=30$ мм выполняли сверлением сквозное отверстие диаметром $d'=2$ мм ($\sim 7\% d_0$). С одной стороны в образец вставляли заглушку, а с другой с помощью штуцера крепили конец прозрачного гибкого шланга, второй конец которого крепился на вертикальной шкале. Отверстие образца заполнялось подкрашенной жидкостью, уровень которой строго фиксируется на вертикальной шкале. Заготовку устанавливали горизонтально в бойки и обжимали. На шкале фиксировался объём вытесненной из отверстия заготовки жидкости. Заковка осевой полости характеризовалась величиной относительного уменьшения её исходного объёма: $\varepsilon_3=(\Delta V/V_0) \times 100\%$, где ΔV - абсолютное уменьшение объёма полости; V_0 - начальный объём полости.

Отверстие в стальных образцах заваривали по торцам (для предотвращения окисления при нагреве). Послековки стальные образцы разрезали поперёк оси на части, приготавливали микрошлифы, травили и изучали под микроскопом с увеличением в 100 раз. Были исследованы такие технологические вариантыковки круглых поковок.

Вариант 1. Из цилиндрической заготовки за одно обжатие $\varepsilon=23 \div 25\%$ профилированными комбинированными бойками ($\varphi=120^\circ$) получали ковваную трёхлепестковую заготовку, которую затем протягивали на круг обычными комбинированными бойками ($\psi=0,5$; $\varepsilon \approx 13 \div 15\%$) до укова 1,5.

Вариант 2. Из цилиндрической заготовки за одно обжатие $\varepsilon=23 \div 25\%$ профилированными вырезными бойками ($\varphi_1=\varphi_2=120^\circ$) получали ковваную четырёхлепестковую заготовку, которую затем протягивали на круг обычными вырезными бойками ($\psi=0,5$; $\varepsilon \approx 13 \div 15\%$) до укова 1,5.

Вариант 3. Цилиндрическую заготовку протягивали по стандартной технологии комбинированными бойками ($\psi=0,5$; $\varepsilon \approx 13 \div 15\%$) до укова 1,5.

Вариант 4. Цилиндрическую заготовку протягивали по стандартной технологии вырезными бойками ($\varphi_1=\varphi_2=120^\circ$, $\psi=0,5$; $\varepsilon \approx 13 \div 15\%$) до укова 1,5.

Все эксперименты проводились на гидравлическом прессе силой 0,63 МН. Нагрев в электропечи. Температурный интервалковки 1150-900 °С.

Анализ полученных результатов показал, что ковка по варианту 2 обеспечивает максимальную деформацию в осевой зоне и полную заварку внутренних дефектов при $u=1,5$. При ковке по варианту 1 деформация в осевой зоне на 15 % меньше, чем при ковке по варианту 2, но осевой дефект закрыт на 100 %. При ковке по варианту 3 и 4 дефект закрывается соответственно на 75 % и 85 %, а максимальная деформация в осевой зоне почти в двое меньше, чем при ковке по вариантам 1 и 2. При этом для дальнейших исследований, по нашему мнению, представляет интерес изучение влияния угла выреза бойков (φ), радиуса выпуклостей (R_6 ; R_6/R_3), углов последующей кантовки на поведение металла в очаге деформации.

Выводы

1. Разработана конструкция профилированных комбинированных и вырезных бойков, позволяющих ковать из обычного кузнечного слитка трёхлепестковые и четырёхлепестковые профилированные заготовки для последующей протяжки с реализацией эффектов макросдвигов.

2. Определена величина обжатия, при которой получают трёхлепестковые и четырёхлепестковые заготовки с обеспечением равенства выпуклых участков (лепестков).

3. Предложен метод исследования закрытия внутренних дефектов при ковке слитков.

4. Установлено, что при ковке валов целесообразно проводить предварительное обжатие слитков профилированными вырезными бойками для получения четырёхлепестковой заготовки. Это обеспечивает достаточную проработку осевой зоны, заварку внутренних дефектов при минимальном укове 1,5. Значительная проработка металла осевой зоны снимает необходимость проведения операции осадки.

Список литературы

1. Тюрин В.А. Инновационные технологииковки с применением макросдвигов [Текст] / В.А. Тюрин // Кузнечно-штамповочное производство. – 2007. - № 11. - С. 15-20.

2. А.с. 648446 (СССР). М. Кл. В 21d 22/02 / Я.М. Охрименко, В.А. Тюрин – 1669201/25; Заявл.16.06.71; Опубл. 14.06.73, Бюл. № 26. – 4 с.

3. Тюрин В.А. Инновационные технологииковки [Текст] / В.А. Тюрин // Кузнечно-штамповочное производство. – 2006. - № 5. - С. 27-29.

4. Мигачёв Б.А. Экспериментальное исследование деформированного состояния при формоизменении заготовок с тrefообразным поперечным сечением [Текст] / Б.А. Мигачёв, В.П. Волков // Кузнечно-штамповочное производство. – 1995. - №10. - С. 5-7.

5. Охрименко Я.М. Теория процессовковки: учебное пособие для вузов [Текст] / Я.М. Охрименко, В.А. Тюрин. – М.: Высшая школа, 1977. – 295 с.