

## НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ШТАМПОВКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОСТЫЛЕЙ

### NEW STAMPING TECHNOLOGY RAILWAY CRUTCHES

Буркин С.П., Андрюкова Е.А.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, spb@mtf.ustu.ru

Offered two brand new version of the manufacture of railway spikes. In the first version stamping on horizontal forging machines replaced the screw on the landing roll paired workpieces and sharing of crutches in wedge stamped with the axial stretch. Consideration of the second technology option landing screws crutches compression can be considered the most promising. It allows you to increase productivity, reduce the dynamic load on the tool and guarantee the complete absence of side flash at formation the edge of a crutch.

Keywords: railroad spikes, landing on horizontal forging machines, roller landing, cutting in stamps.

#### Введение

Изделия типа железнодорожных костылей производятся тремя известными способами: высадкой на кривошипных горячештамповочных прессах, кривошипных горизонтально-ковочных машинах (ГКМ) или автоматах горячей объемной штамповки, периодической прокаткой в ковочных вальцах или в прокатных станах периодической прокатки, прокаткой или высадкой на роторных или роторно-конвейерных установках [1-4]. Менее распространены другие способы изготовления подобных изделий, такие как молотовая штамповка, выдавливание, штамповка из расплава, электроимпульсная штамповка, свободная ковка на универсальных ковочных агрегатах, поперечно-клиноватая прокатка и другие. Эти способы, все без исключения, пригодны для получения качественных поковок костылей и других изделий с головкой и удлиненной осью, но только в условиях мелкосерийного и единичного производства. Поскольку железнодорожные костыли продукция массовая, то актуальными для создания технологии остаются первые три из упомянутых способов. Наиболее разработанной и широко применяемой технологией следует считать ковку костылей на ГКМ в разъемных матрицах.

В качестве существенных недостатков применяемой ныне технологии высадки костылей на ГКМ можно отметить значительные ударные нагрузки на деформирующий инструмент, снижающие до неприемлемого уровня стойкость пуансонов, матриц и ножей, а также трудность предотвращения образования заусенцев при заострении костылей во время рубки клиновыми ножами.

#### Высадка костылей на валковых агрегатах

Новый технологический процесс изготовления костылей появляется, если из процедурыковки на горизонтально-ковочных машинах взять операцию высадки относительно длинной концевой части заготовки, склонной к потере устойчивости под действием осевой деформирующей силы, и разъемные матрицы, удерживающие заготовку во время высадки и позволяющие избавиться от штамповочных уклонов на поковках. Из технологииковки на ковочных вальцах целесообразно привлечь в новую технологию помещению деформирующих штампов

в тело валков, что легко обеспечит угловое согласование штампов при смене позиций высадки, позволит снизить потребное для высадки усилие за счет локализации очага деформации при повороте валков, повысит жесткость машины без существенного увеличения прочности и массы корпусных деталей машины. Для завершения конструктивного оформления машины, реализующей предлагаемую технологию, остается от роторно-конвейерных машин привлечь ротор для транспортировки и удержания заготовки при переходе с одного перехода на другой, а конвейер – для транспортировки штампов. Если конвейер выполнить в виде вала, кинематически связанного с ротором, то получатся ковочные вальцы, в одном валке которого в разъемной матрице располагается заготовка. При такой компоновке инструмента возможна деформация не всей заготовки, а только концевой ее части, как на ГКМ. Для симметрии процесс заготовки располагается в роторе-валке диаметрально, а высадке подвергаются оба ее свободных конца, выступающие над поверхностью бочки вала на расчетную длину. В таком случае для транспортировки штампов остается использовать два вала-конвейера. В дальнейшем изложении ротор, несущий и удерживающий заготовку, будет называться рабочим валком, а валки-конвейеры будут называться опорными валками.

Подобная композиционная структура синтезированного ковочного блока предоставляет возможность использовать сравнительно простой инструмент как на ГКМ и значительно проще и дешевле, чем на ковочных вальцах. В отличие от классических роторно-конвейерных машин отсутствует привод транспортируемого инструмента. Приводными являются только находящиеся в кинематической связи рабочий и опорные валки. Если заготовка при высадке, будучи относительно высокой, теряет устойчивость, то подобная конструкция ковочного блока легко позволяет использовать двухпереходную высадку путем введения дополнительного наборного перехода, аналогичного наборным переходам высадки на ГКМ, но учитывающего кинематику окружного движения штампов. Высадка прокаткой естественным путем решает проблему передачи

металла при формировании асимметричной головки костыля.

Агрегат валковой штамповки по патенту РФ [5] спроектирован, изготовлен в одном экземпляре и эксплуатируется на одном из предприятий Свердловской области. Главной технологической и конструктивной особенностью штамповочного блока следует считать роторный принцип транспортировки двойной заготовки при выполнении операций высадки в штампах наборного и чистового переходов, установленных на опорных валках, которые при рабочем цикле обкатывают ротор с зажатой в разъемных матрицах заготовкой [6,7].

Конструкция ковочной клетки схематично показана на рис. 1, где изображена схема расположения элементов устройства в момент задачи прутковой заготовки и отрезки ее мерной длины.

Агрегат работает следующим образом. Отрезанная ножницами 35 мерная заготовка 41 располагается в диаметральном пазу центрального валка 2 таким образом, что ее концы выходят за пределы бочки валка. От привода валок 2 вращается против часовой стрелки, а периферийные валки 3 и 4 по часовой стрелке. После поворота центрального валка на угол  $90^0$  (рис. 2) выступающие концы заготовки попадают в гравюры: контрштампов 31 и 32. На рис. 3 и 4 показаны последовательно моменты прохождения одного из свободных концов заготовки 41, выступающего за пределы штампа 29 и попадающего в контрштамп 31 с формированием после прохождения деформации черновой головки костыля.

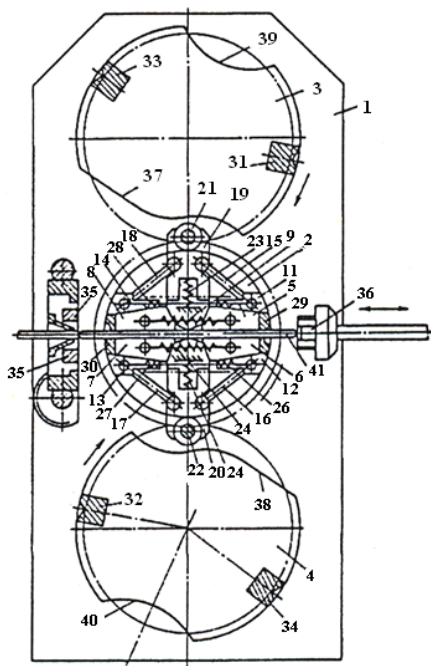


Рис. 1. Конструктивная схема ковочной клетки

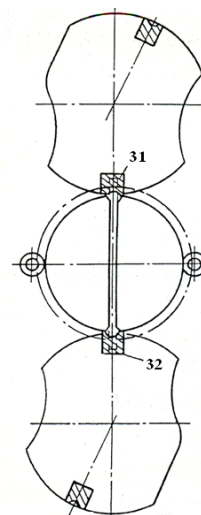


Рис. 2. Схемаковки наборного перехода

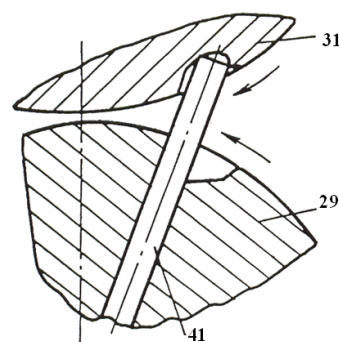


Рис. 3. Исходные позиции заготовки и штампов в наборном переходе

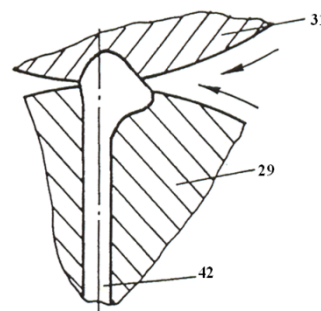


Рис. 4. Завершение наборного перехода

При повороте центрального валка на следующие  $90^0$  (рис. 5) ролики 21 и 22 попадают в выемки 39 и 40, что обеспечивает их холостой ход.

После поворота центрального валка еще на  $90^0$  (рис. 6) предварительно отформованные головки костыля попадают в контрштампы 33 и 34, где формируется чистовой профиль головки костыля.

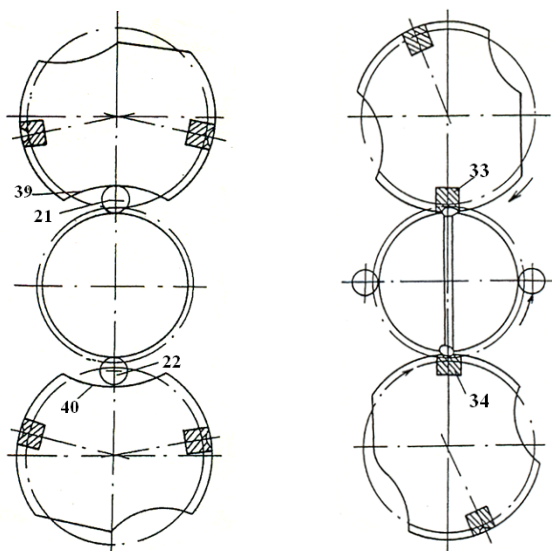


Рис. 5. Холостой ход валков  
Рис. 6. Штамповка чистового перехода

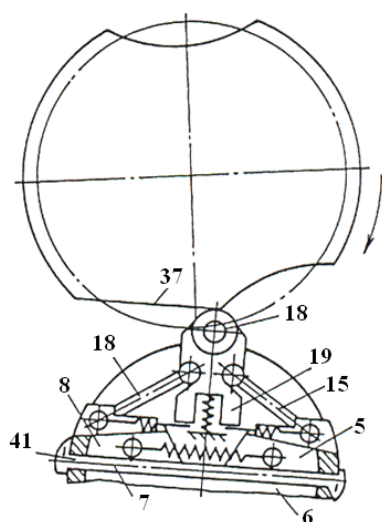


Рис. 7. Схема привода разрезных бойков

При дальнейшем повороте валков (рис. 7) ролик 28 наезжает на поверхность копира 37, что приводит к перемещению отрезного бойка 19 и перерезанию заготовки 41 с формированием острия двух гвоздей, при этом захваты 5, 6, 7, 8 создают натяжение прутка и не дают возможности реализоваться уширению в зоне деформации. За счет течения металла в вытяжку длина заготовки увеличивается, и габариты костылей выходят за пределы габаритов валка. Тяги 15 и 18 позволяют сохранить параллельность движения захватов. Аналогичная ситуация возникает на нижнем валке. После прохождения роликами копиров пружины возвращают систему бойков, захватов, тяг и ползунов в исходное положение, но при этом под головкой костыля образуется свободное пространство. Вилочный извлекатель (экстрактор) 36 от собственного привода выводится в рабочее положение и после доворота центрального валка головка гвоздя попадает в вилку экстрактора. Движением привода последнего по стрелке

костыль выдергивается из гнезда штампа 29 и попадает в приемную корзину.

Валковая система реверсируется, после поворота центрального валка на  $180^\circ$  в позицию извлекателя попадает второй костыль и извлекается подобным образом, после поворота еще на такой же угол валки занимают исходное положение, и цикл работы установки повторяется.

В сравнении с обычными кузнечными машинами приложение усилия деформации постепенным накатыванием штампа на заготовку вместо приложения нагрузки сразу по всей контактной площади заготовки дает выигрыш по требуемой мощности привода, так как работа деформации осуществляется за больший период времени. Наличие в очаге деформации свободных поверхностей при накатке обуславливает меньшие, чем при закрытой штамповке удельные давления и меньший износ инструмента. Это приводит также к возможности уменьшения габаритов установки и сокращения капитальных затрат.

Описанный способ валковой высадки и рубки с растяжением реализован в промышленности в ином конструктивном варианте [8] с вертикальным расположением секторных валков и штучной подачей нагретых сдвоенных заготовок. Опыт эксплуатации этих двух штамповочных блоков показывает существенное повышение (почти на порядок) стойкости инструмента в сравнении с высадкой на ГКМ и полное устранение боковых заусенцев на заостренной части костыля.

#### Исследование новой технологии высадки головок костылей прессованием

Вышеописанные технологии и варианты конструктивного исполнения штамповочного блока с высадкой головок костылей способом прокатки имеют ограниченную производительность, не зависящую от конструкции блока. Если минимальная длительность цикла штамповки двух костылей, определенная расчетным путем и подтвержденная опытом эксплуатации уже установленных штамповочных блоков, составляет 4с, то максимальная производительность штамповочного блока может составить при совершенстве конструкции блока до 1800 шт./ч ( $\approx 650$  кг/ч). Достижение большей производительности на одном блоке технически не возможно.

С целью разработки высокопроизводительного штамповочного агрегата, была проведена серия лабораторных исследований нового способа высадки головок костылей. За основу взят известный способ штамповки прессованием, при котором осуществляют осадку или штамповку из длинной заготовки. Известно, что предельная высота заготовки, которая может быть подвергнута осесимметричной осадке или штамповке, составляет  $h=(2,0...2,5)d$ , где  $d$  – характерный размер поперечного сечения заготовки (диаметр круглой заготовки или диаметр эквивалентного по

площади сечения квадратной заготовки). Если высота превышает предельно допустимую, то наблюдается потеря устойчивости заготовки, приводящая к зажимам и последующему расслоению отштампованных изделий.

В случае штамповки костылей высота высаживаемого конца заготовки, определяемая от основания носка головки до торца заготовки, составляет 56...58 мм. При диаметре эквивалентного по площади круглого сечения 18 мм отношение высоты к диаметру составляет 3,1...3,2, т.е. больше предельно допустимого. В этом случае всегда существует опасность потери устойчивости высаживаемого конца заготовки и образования заковов. Кроме того, если высадка осуществляется традиционным способом на ГКМ, то максимальное усилие определяется контактной площадью головки костыля в момент завершения высадки с учетом коэффициента напряженного состояния, который для данного случая высадки составляет 2,8...3,2. площадь головки костыля в момент завершения штамповки в зависимости от принятого поля допуска варьируется в пределах 850...1060 мм<sup>2</sup>. Сопротивление деформации стали марки Ст3 по ГОСТ 380-88 при температуре 1000<sup>0</sup>С, степени деформации 0,4 и скорости деформации в интервале от 5 до 10 с<sup>-1</sup> (принято для ГКМ) составляет 140...150 МПа. При максимальной площади контактной поверхности и наибольшем значении показателя напряженного состояния усилие высадки равно 508 кН (≈52 тс). Минимально возможное усилие при температуре 1000<sup>0</sup>С равно 330 кН (33,6 тс).

В предлагаемом способе штамповки высаживаемый конец заготовки помещается в круглый контейнер, диаметр которого равен диаметру описанной вокруг сечения квадратной заготовки (22 мм). Высадка выполняется пуансоном, движущимся по каналу контейнера. Вытесняемый из контейнера металл заготовки заполняет полость штампа. При этом площадь контактной поверхности пуансона за все время высадки остается постоянной. С целью уменьшения потерь энергии на преодоление трения между заготовкой и стенками контейнера, контейнеру может быть придано осевое перемещение, завершающееся к моменту доштамповки. Окончательное заполнение штампа происходит при соприкосновении зеркала матрицы с торцом контейнера. Следовательно, этап доштамповки осуществляется в закрытом штампе и облой при этом не образуется. Широкое поле допуска размеров головки костыля позволяет вести процесс закрытой штамповки с некоторым незаполнением гравюры штампа. Это уберегает штамповую оснастку от перегрузок в момент доштамповки и предотвращает опасность заклинивания инструмента в случае использования кривошипно-шатунного привода высадочного пуансона.

Исследования процесса горячей высадки головок костылей способом прессования проводилось на специально сконструированной и

изготовленной в лаборатории кафедры ОМД УГТУ-УПИ экспериментальной установке, конструкция которой показана на рис. 8. В состав оснастки входят разъемная матрица 3, контейнер 2 и высадочный пуансон 4. С помощью накладок 1 и резьбовых шпилек 6 матрица собирается в цельный матричный блок. Контейнер притягивается болтами 5 к матричному блоку и при этом замыкается полость штампа для формирования головки костыля.

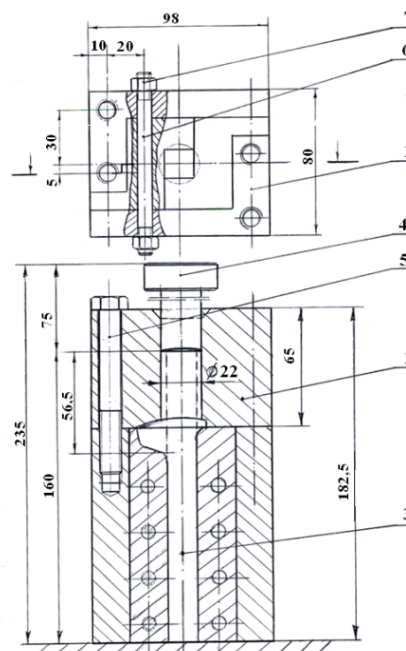


Рис. 8. Экспериментальная установка для исследования процесса высадки головок костылей прессованием

После сборки оснастки заготовка квадратного поперечного сечения 16×16 длиной 160 мм помещается в полость матрицы таким образом, что ее конец входит в канал контейнера. Ребра высаживаемого конца заготовки соприкасаются со стенками канала контейнера. Сверху в контейнер вводится высадочный пуансон 4 с профилированным рабочим торцом и упирается в торец заготовки. Собранный блок устанавливается на плиту пресса и ходом верхнего пуансона осуществляется высадка головки костыля. Осевое смещение заготовки относительно матричного блока не предотвращается упором нижнего торца заготовки в плиту пресса. Величина хода пуансона ограничивается подкладным кольцом, устанавливаемым между контейнером и головкой пуансона, что обеспечивает точную штамповку головки.

В качестве модельного материала для имитации горячей пластической деформации использовался свинец, кривая упрочнения которого определена для свинца той же плавки, из которой изготавливались заготовки.

Определение силовых параметров высадки производилось на испытательной машине с



замером перемещений и усилий штамповки. Для характеристики степени деформации была принята логарифмическая высотная деформация

$$\varepsilon = \ln \frac{h_0}{h},$$

где  $h_0$  – исходная высота заготовки, равная в данном случае 56,5 мм;

$h$  – текущая высота высаживаемой части заготовки от дна штампа (основание носка головки костыля) до торца пуансона.

Заданная степень недоштамповки (0,95) вводилась подбором длины заготовки. В момент прихода пуансона в нижнее крайнее положение степень деформации составляла  $\varepsilon=1,23$ .

В случае, когда установка контейнера на матричном блоке осуществляется с совпадением осей каналов контейнера и матрицы, называемым соосным, заполнение полости штампа затрудняется из-за существенной асимметрии процесса высадки. Кроме соосной высадки в экспериментах рассматривалась несоосная штамповка, при которой контейнер смещался в сторону носка костыля на заданную величину  $\Delta$ . Максимальное значение  $\Delta$  в опытах составляло 4 мм.

Смещение контейнера несколько симметризирует процесс высадки и выравнивает условия заполнения гравюры штампа.

Результаты замера усилия штамповки представлены на рис. 9 в функции перемещения пуансона  $\Delta h$ . Фактическое положение результатов замера усилий на 10 заготовках показано точками, по которым проведена с помощью метода наименьших квадратов кривая третьего порядка для случая  $\Delta=0$ , т.е. для случая соосной высадки. Остальные кривые приведены в конечном виде после статистической обработки.

Поскольку величина усилия существенно зависит от смещения контейнера, а случай соосной высадки наименее благоприятен по усилию, т.е. характеризует максимальное усилие при штамповке таким способом, дальнейшая обработка опытных данных проводилась только для  $\Delta=0$ .

Следует отметить, что в случае полной доштамповки и даже при степени доштамповки больше 0,97 начинается резкое возрастание усилия. Принятая в опытах недоштамповка считается оптимальной, соответствует середине поля допуска на размеры головки костыля и не приводит к перенагрузкам инструмента при завершении высадки.

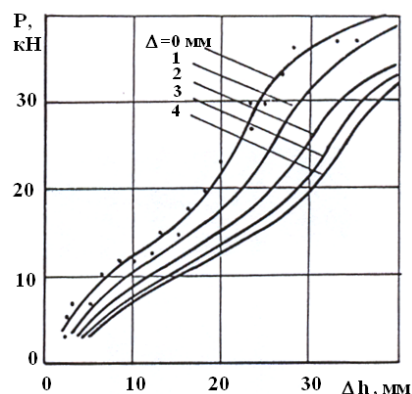


Рис. 9. Усилие высадки головки свинцового костыля в зависимости от перемещения пуансона и величины смещения оси контейнера

Чтобы определить силовые параметры при горячей высадке стальных костылей, прибегли к определению безразмерной характеристики напряжений высадки. Показанная на рис. 10 зависимость  $P/\sigma_s$  от  $\varepsilon$  носит обобщенный характер и может быть распространена на все случаи горячего деформирования металла.

Горячая обработка стальных заготовок при реальной штамповке проводится в некотором температурном интервале, выход за пределы которого технологически не целесообразен. В качестве технически допустимого температурного интервала рассмотрен диапазон от 900 до 1100°C. Кривые упрочнения для стали марки Ст3, приведенные в литературе, аппроксимированы с помощью термомеханических коэффициентов по формуле

$$\sigma_s = 86 \cdot k_\varepsilon \cdot k_u \cdot k_t, \text{ МПа,}$$

где  $k_\varepsilon, k_u, k_t$  – функции термомеханических коэффициентов степени, скорости и температуры деформации.

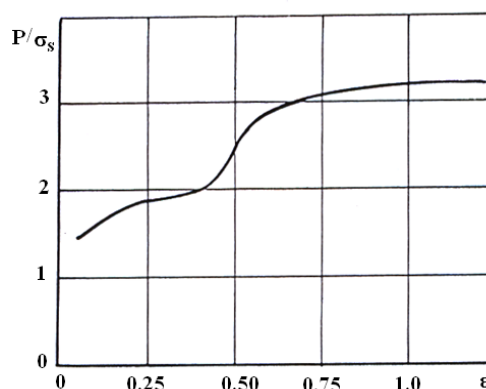


Рис. 10. Безразмерная характеристика напряжения высадки головки костыля в зависимости от логарифмической степени деформации

Для каждого значения степени деформации при фиксированной скорости деформации  $U=1 \text{ с}^{-1}$  при значениях температуры 900 и 1100°C определялись величины  $\sigma_s$  и умножались на соответствующее текущей величине  $\varepsilon$  значение

$P/\sigma_s$  на графике рис. 10. Таким образом, получены зависимости напряжений высадки головок стальных костылей в интервале ковочных температур. Эти кривые показаны на рис. 11. Значения напряжений являются верхней оценкой силовых параметров горячей штамповки стальных костылей и могут быть снижены за счет использования смещения контейнера. Снижение напряжений в этом случае пропорционально уменьшению значений силы штамповки, приведенных на рис. 9. Чтобы определить усилие на пуансоне во время высадки достаточно умножить значения напряжений на графике рис. 11 на площадь поперечного сечения высадочного пуансона, т.е. на  $380 \text{ мм}^2$ . Например, для штамповки стальных костылей максимальное усилие, прикладываемое к пуансону со стороны привода, составляет 141 кН при температуре  $900^\circ\text{C}$  и 120 кН при  $1100^\circ\text{C}$ , что вдвое ниже, чем при традиционном способе высадки.

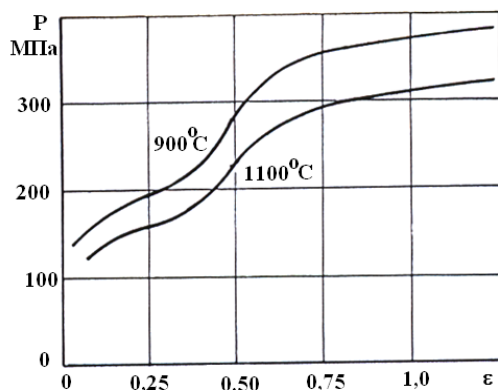


Рис. 12. Экспериментальная установка рубки заготовок

Варьируемым параметром, определяющим кинематику течения металла при внедрении клиновых штампов в заготовку, являлось осевое расстояние  $a$  от поперечной плоскости

Рис. 11. Напряжение высадки головки стального костыля в зависимости от логарифмической степени высотной деформации и температуры обработки при скорости деформации  $U=1 \text{ с}^{-1}$

Поскольку в новом технологическом процессе костыли изготавливают поштучно из прутковой заготовки без предварительной резки, возникает проблема организации отделения тела костыля с высаженной головкой от прутка неограниченной длины. Положительный опыт реализации способа разделения костылей клиновыми штампами при одновременном осевом натяжении заготовки может быть использован и в этом случае.

Для исследования нового способа отделения костыля от прутка с одновременным заострением концевой части разработана и изготовлена лабораторная экспериментальная оснастка, устанавливаемая на универсальную испытательную машину и показанная на рис. 12.

В качестве модельного материала использовался прессованный свинец. Длина образцов выбиралась таким образом, чтобы дальше плоскости смыкания клиньев штампов выступала часть заготовки длиной не менее полутора характерных размеров поперечного сечения. Для костыльной заготовки с сечением  $16 \times 16 \text{ мм}$  длина выступающего конца принималась около 24 мм.

соприкосновения штампов с заготовкой (см. рис. 12а) до плоскости смыкания штампов (см. рис. 12б). Этот параметр характеризует отношение между продольным и поперечным

перемещениями режущих кромок штампов и, следовательно, соотношение между растяжением и поперечным сжатием заготовки. Величина  $a$  задается в опытах угловым положением осей поворотных штампов. Минимальное значение  $a = 5$  мм ограничено конструкцией установки, а максимальное определено основным кинематическим соотношением, при выполнении которого деформация в продольном сечении заготовки остается плоской и, следовательно, при заострении концевой части костьля не наблюдается ни уширения, ни утяжки. Использовать  $a > 24$  мм технологически нецелесообразно.

При использовании шлифованных (примерно  $R_a = 1,25$  мкм) рабочих поверхностей клиновых штампов, формирующих грани заострения костьля, ожидаемая закономерность кинематических соотношений в зоне разрезки не подтвердилась. По мере увеличения параметра  $a$  уширение конца заготовки в зоне режима либо сохранялось постоянным (до  $a = 15$  мм), либо возрастало (в интервале  $a$  от 15 мм до 24 мм). Причем характер уширения был аномален с образованием бульбообразной формы боковой поверхности заострения конца. В зоне острения при  $a > 18$  мм наблюдалась утяжка поперечного размера до 11 мм (при  $a = 20$  мм), а в средней части заготовка интенсивно уширялась и принимала размер 23 мм при предельных значениях параметра  $a$ .

Процесс разделения в каждом опыте соответствовал предписанным угловым параметрам заострения, что достигалось сменой ножей 10, или корректировкой их угла заострения.

При разделении заготовок шлифованными клиновыми штампами характер изменения осевого усилия, прикладываемого к зажатой части заготовки, не был монотонным. В начальной фазе внедрения штампов растягивающие напряжения в заготовке растут приблизительно до  $(0,2 \dots 0,3) \sigma_s$ . В момент, соответствующий 30...35% глубины внедрения, осевое напряжение начинает снижаться и затем, примерно на 50% остаточного сечения, переходит в область сжатия. Сжимающие напряжения, возникающие в завершающих фазах разделения заготовки, тем выше, чем больше параметр  $a$ . При  $a > 18$  мм величина этих напряжений превосходит сопротивление деформации и начинается равномерная осадка свободной части заготовки. Это явление нашло объяснение, после целой серии опытов, отсутствием условий самоторможения деформируемого металла на контактной поверхности штампов. Проверка гипотезы проскальзывания на контакте и вытеснения металла заготовки в противоположном движении штампов направлении полностью подтвердилась опытом деформирования со смазкой контактных поверхностей. При использовании консистентной смазки типа ЦИАТИМ-201 интенсивное уширение и рост сжимающих напряжений начинались даже

при  $a < 10$  мм и на первых фазах внедрения штампов (приблизительно 15...20% толщины заготовки).

Заглубив поверхности контакта клиновых штампов приблизительно до  $R_z 160$ , удалось полностью изменить картину течения и сделать ее объяснимой с точки зрения устанавливаемой кинематики движения клиновых штампов. Как только удалось подавить контактное скольжение и оттеснение металла вдоль оси заготовки, смогли добиться регулярности в развитии уширения заготовки в зоне внедрения штампов. Если уширение возникает, то оно максимально в зоне острия и плавно убывает к деформируемой части заготовки. Удалось установить, что при  $a$ , принятом в диапазоне от 18...20 мм, деформация в продольной плоскости близка к плоской и явлениями уширения или утяжки можно пренебречь, исходя из установленных стандартом полей допусков. Настройка поворотных штампов на значения параметра более 22 мм при отсутствии контактного скольжения во всех случаях приводит к разрыву заготовки близ сечения заострения (около 3...5 мм от плоскости смыкания режущих кромок штампов).

Следует отметить, что процесс разделения заготовки поворотными клиновыми штампами с заглубленной контактной поверхностью достаточно неустойчив и не позволяет гарантировать качество разделения и заострения. Незначительное загрязнение контакта или попадание следов смазки приводят к развитию проскальзывания и, следовательно, к уширению средней части заостренного конца. При горячей обработке стали коэффициент контактного трения существенно выше, чем при деформации свинца на поверхностях инструмента с той же шероховатостью. Можно ожидать более стабильного развития процесса разделения. Однако при ковке стали нестабильность легко превносится окалиной, смазочные свойства которой существенно зависят от температуры нагрева и длительности пребывания нагретого металла в окислительной среде (на воздухе). Кроме того, контактные условия трения непрерывно меняются по мере износа рабочих поверхностей штампов, а при ковке стали интенсивность износа значительна. Поэтому вполне можно предсказать нестабильность процесса разделения и при горячей обработке стали.

Надежность операции отделения костьлей от прутка несомненно возрастет при принудительном растяжении заготовки внешним устройством. Легко понять, что если осуществлять внедрение клиновых штампов в поперечном направлении (без вращательного движения поворотных штампов), то удлинение при плоской деформации составит 12 мм. При комбинировании удлинения с поворотным движением штампов смещение прутка под воздействием устройства растяжения заготовки может быть уменьшено.

Опыты по разделению прутков с принудительным растяжением проводились на той же установке. В опытах удалось подобрать значения параметра  $a$ , при котором реализуется практически плоская деформация без значимых уширения или утяжки. Устойчиво процесс осуществляется в диапазоне изменения параметра  $a$  от 10 до 14 мм. При больших величинах  $a$  наблюдается отрыв острия клина заготовки, а при меньших – появляется уширение в зоне заострения. В конкретной конструкции экспериментальной установки невозможно независимо вводить осевое перемещение свободного конца заготовки и варьировать параметр  $a$ . Поэтому при техническом проектировании в случае изменения кинематики устройства разделения по сравнению с опытной установкой следует сохранить определенные в опытах кинематические соотношения.

В случае подобранных опытным путем рациональных кинематических параметров усилие удержания конца заготовки в зажиме неподвижной поперечины достаточно мало и при выполнении технического проекта блока может не учитываться, поскольку, в любом случае, часть заготовки, подвергаемая высадке, надежно удерживается разъемной матрицей. Замеренное в опытах напряжение натяжения заготовки при удержании ее неподвижной поперечиной не превышает 30% от сопротивления деформации металла заготовки. Поэтому опасность пластического удлинения свободной части костыля между матрицей и устройством разделения полностью отсутствует.

### Заключение

В рамках настоящего исследования не проводилась достаточно полная конструкторская проработка варианта исполнения штамповочного бока, реализующего процесс высадки прессованием. На этой стадии разработки может быть рекомендована лишь ориентировочная схема конструктивного исполнения штамповочного блока, позволяющая судить о возможности обеспечения требуемой кинематики, о силовом замыкании конструкции. В ходе последующего технического проектирования композиционная структура может быть существенно изменена в рамках соблюдения требований к кинематическим и энергосиловым параметрам.

Упомянутая конструктивная схема нового штамповочного блока, реализующего при изготовлении костылей процессы высадки головок методом прессования из гладкого цилиндрического контейнера и отделения костыля от прутковой заготовки неограниченной длины при одновременном растяжении свободной части прутка, может базироваться на использовании кривошипно-шатунных, например, электромеханических приводов, как высадочного пуансона, так и контейнера. Одна секция блока,

которая в реальной машине может быть повторена неограниченное число раз, исходя из энергетических возможностей установленного привода и параметров нагревательного оборудования. В частности, предлагается практическая реализация шестисекционного штамповочного блока, состоящего из шести идентичных по конструкции секций, объединенных по приводу, например, главным приводным валом, связанным через редуктор с общим для всего блока электромотором. Шесть секций обладают тем достоинством, что позволяют выровнять моментную нагрузку на главном кривошипном валу и обеспечить динамически благоприятный режим работы безмаховикового привода блока. Это становится возможным благодаря отсутствию пиковых нагрузок при высадке головок способом прессования. Шестисекционный блок может эксплуатироваться с одновременным использованием всех секций или только их части. Холостой ход незанятых секций не приводит к аварийным ситуациям и считается технически допустимым.

Рассмотренный технологический вариант высадки головок костылей прессованием можно считать наиболее перспективным при соответствующей конструкторской проработке, поскольку позволяет повысить производительность по сравнению с высадкой на ГKM, уменьшить динамические нагрузки на инструмент и гарантировать полное отсутствие боковых заусенцев при формировании острия костыля.

### Библиографический список

1. Кривошапов В.В., Железков О.С., Левченко П.Е. Процесс прокатки головок железнодорожных костылей /Труды НТК «Теория и технология процессов пластической деформации». М.: МИСИС, 1997. С.168.
2. А.с.1327361 СССР. Устройство для высадки
3. Разработка роторной технологии изготовления железнодорожных костылей /Отчет по НИР №01900045512, г. Магнитогорск, 1991.
4. Горячая штамповка крепежных изделий. В.В.Кривошапов, О.С.Железков, П.Е.Левченко и др. Магнитогорск: МГМИ, 1997. С.48.
5. Патент РФ №2091189. Устройство для изготовления гвоздей-костылей.
6. Буркин С.П., Логинов Ю.Н., Плотников А.Ю. Анализ формоизменения при высадке головки железнодорожного костыля /КШП, №8, 1997. С.15-16.
7. Буркин С.П., Логинов Ю.Н., Миронов Г.В. Новая технология производства железнодорожных костылей на линии прокатки-штамповки /КШП, №8, 1998.С.32-34.
8. Патент РФ №2127166.Устройство для изготовления гвоздей-костылей.