

УДК 30.12

**КИРИЧЕНКО Л.В.,**  
**БЄЛІЧЕНКО О.А.,**  
**МОРСЬКА А.С.,**  
**ШУШЛЯКОВ А.В.,** докт.техн.наук, проф., «ХДТУБА», г. Харьков

### **ВИХРЕВОЙ ТУРБУЛЕНТНЫЙ ПРОМЫВАТЕЛЬ**

Защита атмосферы от промышленных выбросов – это комплексная проблема, предусматривающая разработку организационных и технических мероприятий по введению эффективных методов улавливания и обезвреживания выбросов от пыли и химических веществ, максимальное сокращение выбросов и более полное использование газообразных отходов в производстве. [2]

На производствах для улавливания пыли используют следующие виды пылеулавливающего оборудования: пылеосадочные камеры, циклоны, скрубберы, фильтры, электрофильтры и другое оборудование.

Но в настоящее время в связи с научным прогрессом развиваются новые технологии, работающие на современных материалах, поэтому проблема высокоэффективной очистки выбросов приобретает большое экологическое значение. Чем выше фоновая концентрация загрязняющих веществ, тем больше требуется сокращать количество промышленных выбросов, и повышать эффективность очистки газов, удаляемых из источников выбросов этих загрязняющих веществ.

Современные системы очистки газов от пыли представляют собой сложные сооружения, которые включают оборудование, смонтированное по одно- либо многоступенчатой схеме.

По способу очистки пылеуловители подразделяют на сухие, мокрые и электрические [1]. Работа любого пылеуловителя основана на использовании одного или нескольких методов улавливания взвешенных в газах частиц. Существующие методы очистки можно классифицировать на гравитационный, центробежный,

инерционный, электрический, метод фильтрации, диффузионное осаждение, также возможна комплексная очистка.

В основе работы сухих пылеуловителей лежат гравитационные, инерционные и центробежные механизмы осаждения, а также самостоятельную группу аппаратов сухой очистки составляют пылеуловители фильтрационного действия. В основе работы мокрых пылеуловителей лежит контакт запыленных газов с промывной жидкостью, при этом осаждение частиц происходит на капли, поверхность газовых пузырей или пленку жидкости. В электрофильтрах осаждение частиц пыли происходит за счет сообщения им электрического заряда. [1]

Чтобы правильно подобрать оборудование для очистки газов, необходимо знать состав газа и пыли (форму, размер, плотность частиц, и её концентрацию в газах), а также свойства газа (его температуру, относительную влажность и требуемую эффективность очистки). [2]

Важнейший показатель работы пылеуловителя – эффективность очистки газа, которая характеризует отношение количества уловленной пыли (%) в пылеуловителе, к количеству взвешенных частиц пыли в газе поступившем на очистку в пылеуловитель.

Выполнив анализ достоинств и недостатков мокрых пылеуловителей, было выделено следующее.

Мокрые пылеуловители имеют ряд преимуществ: сравнительно небольшая стоимость (без учета шламовых выбросов) и более высокая эффективность улавливания смачиваемой пыли по сравнению с сухими пылеуловителями; возможность применения для очистки газов от частиц пыли размером до 0,1 мкм, а также возможность использования их в качестве контактных теплообменников.

К недостаткам этих пылеуловителей относятся: возможность забивания газоходов и оборудования пылью, шламом, который образуется при охлаждении газов и конденсации паров воды; потеря жидкости в следствии брызгоуноса; необходимость антикоррозионной защиты оборудования при фильтрации агрессивных газов и смесей.[2]

Целесообразно сочетание сухой и последующей мокрой очистки, которая в свою очередь может сочетаться с адсорбционной доочисткой. Развитая поверхность контакта фаз способствует увеличению эффективности пылеулавливания. В промышленности используют мокрые пылеуловители капельного, пленочного и барботажного типов. Конструктивно аппараты могут быть полыми, тарельчатыми, механического и ударно-инерционного действия (ротоклоны), а также скоростного типа (трубы Вентури и другие инжекторы).

В зависимости от формы контактирования фаз способы мокрой пылеочистки можно разделить на: 1 - улавливание в объеме (слое) жидкости; 2 - улавливание пленками жидкости; 3 - улавливание распыленной жидкостью в объеме газа.

При объемно-жидкостном способе поток запыленного газа пропускают через определенный объем жидкости. Для этой цели используют пенные пылеуловители с провальными тарелками или тарельчатые скрубберы, эффективность которых может достигать 90-95%.

Улавливание пыли пленками жидкости характеризуется тем, что контакт газа и жидкости происходит на границе двух сред без перемешивания. Захват (собственно улавливание) твердых частиц тонкими пленками жидкости происходит на поверхностях конструктивных элементов. К этой группе устройств относятся скрубберы с насадкой, мокрые циклоны, ротоклоны и т.п.

Улавливание пыли распыленной жидкостью заключается в том, что орошающая жидкость вводится в запыленный объем (поток) газа в распыленном или дисперсном

виде. Этот способ распыления используется в полых скрубберах. Распыление орошающей жидкости производится с помощью форсунок под давлением или за счет энергии самого потока газа. Используется в турбулентных промывателях и скрубберах Вентури.

Скрубберы Вентури (сочетание трубы Вентури с каплеуловителем центробежного типа) обеспечивают очистку газов от частиц пыли практически любого дисперсного состава, также к их достоинствам можно отнести простоту изготовления, монтажа, небольшие габариты. Но у скрубберов Вентури есть и недостатки – сравнительно большие эксплуатационные расходы, связанные с необходимостью преодоления высокого гидравлического сопротивления – 4000 – 40000 Па.

Все эти аппараты используют только один способ и минимум методов очистки, и могут иметь малую эффективность очистки  $\eta$  и большое гидравлическое сопротивление  $\Delta P$ , Па.

Учитывая все ранее описанные факторы, возникает необходимость разработки нового оборудования, в котором одновременно сможет реализовываться несколько способов очистки, каждый из которых сможет осуществляться максимальным числом методов. К такому оборудованию можно отнести вихревые турбулентные промыватели (ВТП), которые могут использовать комплексный способ очистки газов, реализуемый гравитационным, инерционным, центробежным методами, а также методом фильтрации (адгезии).

Для проведения эксперимента не обязательно использовать аппарат в натуральную величину, а в целях экономии материала и уточнения теоретических положений, достаточно сконструировать модель пылеуловителя, в которой бы сохранялись характеристики натурального ВТП.

Что и было выполнено, пользуясь методами теории подобия. Согласно этой теории, эффективность осаждения частиц за счет определенного механизма их осаждения может быть качественно охарактеризована соответствующим безразмерным параметром, а общая эффективность улавливания частиц в аппарате  $\eta$  является функцией этих параметров и критерия  $Re$ , определяющего характер движения газовой среды:

$$\eta = f(Re; G; \omega; Stk; R; D; K_E) \quad (1)$$

где  $Re; G; \omega; Stk; R; D; K_E$  – безразмерные параметры осаждения частиц соответственно за счет эффектов седиментации, центробежной силы, инерции, касания, диффузии и электрических сил. [1]

#### Моделирование процессов очистки газа с помощью аппарата «Вихревой турбулентный промыватель»

Как известно, гидравлические явления подобны если они отвечают следующим условиям подобия: геометрическому; кинематическому; динамическому (механическому). [5]

В геометрическом подобии: две системы считаются подобными, если отношение между всеми соответствующими размерами одинаково, а сходственные углы равны.

Данный аппарат «Вихревой турбулентный промыватель» был уменьшен в два раза, исходя из соотношения:

$$\frac{L_n}{L_m} = \lambda \quad (2)$$

где:  $L_n$  - некоторый линейный размер натурального объекта;  
 $L_m$  - соответствующий размер модели;

$\lambda$  - коэффициент пропорциональности или линейный масштаб модели. В данном случае  $\lambda = 2$ , т.к. аппарат уменьшаем в 2 раза.

Соответственно этим требованиям был произведен расчет, в котором каждую из конструктивных деталей промывателя уменьшили в 2 раза.

После того, как геометрическое подобие было выдержано, была произведена проверка модели на гидродинамическое подобие: для получения гидродинамического подобия должно соблюдаться равенство чисел Рейнольдса в натуре и модели: [5]

$$Re_n = Re_m \quad (3)$$

Критерий Рейнольдса вычисляется по формуле:

$$Re = \frac{d \cdot V \cdot \rho}{\nu} \quad (4)$$

где:  $d$  - соответствующий диаметр, мм;  
 $V$  - соответствующая скорость, м/с;  
 $\rho$  - плотность газа (воздуха  $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$ );  
 $\nu$  - коэффициент кинематической вязкости (для сухого воздуха  $\nu = 15,06 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ )

Так как  $\rho = \text{const}$ ;  $\nu = \text{const}$ ;  $d$  - принят из условия геометрического подобия, подставим исходные данные в формулу (4), и получим:

1) На входе в промыватель:

в натуре:  $Re_{n \text{ вх}} = 71713$

на модели:  $Re_{m \text{ вх}} = 35856$

Для того, чтобы достичь равенство чисел Рейнольдса, увеличим скорость соответственно в модели  $v = 36 \text{ м/с}$ , что по сравнению с натурой в 2 раза больше, тогда:  $Re_{m \text{ вх}} = 71713$

То есть  $Re_n = Re_m$ , следовательно, подобие выдерживается.

Подобным образом произведен расчет модели рабочей камеры и лопатки, где также для достижения равенства Рейнольдса необходимо увеличить скорость.

Также должно соблюдаться динамическое подобие, то есть равенство давлений в сходственных точках аппарата соответственно, и в натуре, и на модели, что будет определено во время проведения эксперимента.

### **Процесс очистки газа в «Вихревом турбулентном промывателе»(ВТП)**

Принцип действия ВТП заключается в следующем: очищаемый газ поступает в распределительную камеру, где за счет движения по криволинейному каналу происходит сепарация взвешенных примесей и частично их укрупнение за счет коагуляции. Из распределительной камеры воздух равномерно распределяется по каналам завихрителя. Оттуда в рабочую камеру поступает закрученный поток, за счет вязких сил воздух закручивается. Предварительно до начала исследования бункер заполняется водой. При вращении воздуха над неподвижной поверхностью воды, верхний слой воды центробежными силами стягивается к центру и часть воды потоком уносится в рабочую камеру. Под действием центробежных сил, вода в рабочей камере будет деспергироваться на капли, при этом размер капель зависит от окружной скорости потока. При окружной скорости потока  $w = v \cdot r$  (где  $v$  - тангенциальная составляющая скорости, а  $r$  - радиус, на котором вращается частица), равной 50м/с, размер частиц будет достигать 40-60мкм. Капли воды под действием центробежных сил будут дрейфовать от центра к завихрителю, однако коснуться лопаток завихрителя они не смогут, так как будут отжиматься вытекающим потоком очищаемого газа. В результате в рабочей камере образуется вращающийся цилиндрический капельно-зернистый слой жидкости. В этом слое капли могут сливаться, и тут же разрываться,

обновляя поверхность контакта. Таким образом, закрученный поток очищаемого воздуха, вытекающий из межлопаточных каналов вращает капельно-зернистый слой жидкости, одновременно фильтруясь через него, что обеспечивает высокоэффективность очистки газа и интенсивный тепломассообмен между очищаемым газом и каплями жидкости.

При накоплении в рабочей камере жидкости больше критической массы часть ее, вместе с уловленными примесями обрушивается в бункер, где шлам выпадает в осадок, а жидкость участвует в рециркуляции.

Некоторый объем газа после прохождения капельно-зернистого слоя разворачивается в сторону выходного патрубка аппарата и вместе с осевым потоком газа, выходящим из бункера, поступает в сепарационную камеру, вынося из рабочей камеры часть капельной жидкости.

В сепарационной камере крупные капли жидкости под действием центробежных сил либо отбрасываются на стенки, по ним стекают вниз и через отверстия вытекают в рабочую камеру отдельными струями.

Мелкодисперсная капля жидкости отделяется от потока с помощью конусного инерционного каплеотделителя. Проходя через каплеотделитель, поток газа дополнительно закручивается. При этом субмикронные капли коагулируются и центробежными силами отбрасываются на внутреннюю поверхность стенок каплеотделителя и стекают в рабочую камеру по штоку. Снизу к штоку прикреплен диск, диаметр которого на 5-10мм меньше внутреннего диаметра корпуса. Имеется возможность опускать и поднимать шток, для этого он жестко соединен с устройством предназначенным для обратного-поступательного движения. Диск служит для изменения расхода жидкости, которую поток выносит из бункера в рабочую камеру. При перемещении механизма вниз, высота слоя жидкости над диском увеличивается, а при подъеме высота уменьшается. Количество жидкости, которая уносится потоком с поверхности диска будет тем больше, чем меньше высота слоя жидкости над диском. Чем больше жидкости, тем больше интенсивность орошения очищаемого газа. Вращение жидкости над неподвижным основанием бункера способствует концентрации уловленных примесей в центральной части, поэтому удаление шлама из бункера осуществляется полностью без налипания уловленных примесей на дно или стенки бункера.

Для компенсации убыли жидкость также подается в корпус тангенциально к его стенкам, что обеспечивает смывание шлама со стенок и предотвращает залипание аппарата.

### **Исследование модуля аппарата ВТП**

В процессе исследования модуля аппарата ВТП необходимо установить оптимальную производительность модуля по очистке газа, сопротивление модуля, эффективность очистки его работы при улавливании различных видов загрязняющих веществ. Определить необходимый расход подпиточной воды, эффективность отделения капельной жидкости, количество жидкости диспергируемой потоком в рабочей камере модуля.

Все перечисленные исследования будут проведены на лабораторном стенде, схема которого показана на рис 1.

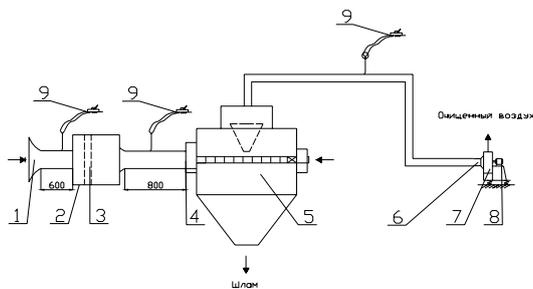


Рис.1 Схема лабораторного стенда. 1. Коллектор 2. Камера давления 3. Сетки 4. Переход сечений 5. Вихревой турбулентный промыватель 6. Гибкая вставка 7. ВЦП 7-40 8. Двигатель вентилятора 9. Микроманометры ММН-250

Лабораторный стенд собирается согласно рекомендациям о сборке аэродинамического стенда [6] по схеме «всасывание». Состоит из воздухопроводов квадратного сечения, входного коллектора предназначенного для обеспечения плавного входа; камеры давления, предназначенной для выравнивания статического давления. Корпус камеры давления представляет собой цилиндрическую трубу, внутри которой устанавливается на болтах обруч с натянутыми на него двумя сетками. Вихревой турбулентный промыватель подключается к системе как показано на рис.1. Для измерения перепада давлений газа используются микроманометры типа ММН-250 и пневмометрические трубки с тарировочным коэффициентом 0.98, а также резиновые шланги диаметром 5мм.

Шлам из бункера исследуемого модуля отводится в сборную емкость. В качестве пыли используется пыль доменного производства, бентонитовая глина, пыль графита и другие виды пыли.

Полученные результаты на модели модуля ВТП могут быть использованы для составления уравнения регрессии, которое описывает зависимость эффективности работы модуля от определяющих параметров.

**Список литературы:** 1. Ужов В.Н. Очистка промышленных газов от пыли / Ужов В.Н., Вальдберг А.Ю., Мягков Б.И., Решидов И.К. - М.: Химия, 1981. – 392с. 2. Алиев Г.М.А. Устройство и обслуживание газоочистных и пылеулавливающих установок / Алиев Г.М.А. – Учебник для СПТУ. – 2-е изд. перераб. и доп., М.: Metallurgy, 1980. – 368с. 3. Алиев Г.М.А. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов / Алиев Г.М.А. – Справ. изд., М.: Metallurgy, 1986. – 544с. 4. СНиП II 33-75. 5. Альтшуль А.Д. Гидравлика и аэродинамика / Альтшуль А.Д., Киселёв П.Г. – М.: Стройиздат, 1975. – 323с. 6. Талиев В.Н. Аэродинамика и вентиляция / Талиев В.Н. – М.: Стройиздат, 1979. – 295с., ил.

*Поступила в редколлегию 11.06.2009*

УДК 621.73

**ВАСИЛЕВСКИЙ О.В.**, зам. начальника кузнечно-прессового цеха (ОАО ММК им. Ильича),  
**КУХАРЬ В.В.**, канд. тех. наук, доцент, (НМетАУ)

## **ДЕФОРМИРУЮЩИЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ КОВКИ ПОКОВОК С ВЫТЯНУТОЙ ОСЬЮ**

Рассмотрены и проанализированы разновидности деформирующего инструмента дляковки поковок с вытянутой осью. Определены пути повышения качества поковок и увеличения производительности благодаря внедрению в производство новой кузнечной оснастки и инструмента.

Considered and analyzed the variety of deforming instrument for forging of forging part with extended axis. The ways of upgrading forging parts quality and increase of the productivity are certain due to applying in industry of new blacksmith's rigging and instrument.

Современное кузнечное производство позволяет получать крупнейшую номенклатуру типоразмеров поковок, из которых, в дальнейшем, изготавливают изделия, используемые практически во всех сферах народного хозяйства. Значительная доля поковок по конфигурации представляет собой поковки с вытянутой осью, которые в дальнейшем используются для изготовления валов, роликов, вал-шестерен и пр. В машиностроении важными деталями являются валы и оси. Как правило, детали из данных поковок подвергаются знакопеременным нагрузкам, работающим на излом вдоль оси. В связи с этим в поковке требуется получить направленную макроструктуру и мелкодисперсную микроструктуру, обеспечивающие максимальные механические свойства в детали. В зависимости от размеров и серийности применяются разнообразные способы изготовления.

При массовом или крупносерийном производстве поковки с вытянутой осью, как правило, производят с помощью объёмной штамповки. Однако при мелкосерийном производстве и для изготовления уникальных крупных поковок (гребневые валы, колонны, ролики прокатных станов, обжимные ролики машин непрерывного литья заготово и др.), операция штамповки является, экономически нецелесообразной или невозможной. В этом случае поковки получают ковкой на молотах, гидравлических прессах и радиально-обжимных машинах. В настоящее время большая часть крупных поковок куют на гидравлических ковочных прессах усилиями до 150 МН и выше. Также стоит отметить, что использование гидравлических ковочных прессов позволяет обеспечить более благоприятные режимыковки и получить более качественную макроструктуру и микроструктуру металла, что особенно благоприятно сказывается на обработке малопластичных и труднодеформируемых металлов.

Целью настоящей работы является аналитический обзор кузнечного инструмента и технологических режимовковки поковок с вытянутой осью для определения перспектив усовершенствования процессов производства крупных поковок валов ответственного назначения.

Наиболее рациональной схемой процессаковки является последовательная протяжка. Для увеличения равномерности пластических свойств металла в технологический режимковки вводят операцииосадки. Однако основной кузнечной операцией при изготовлении поковок с удлиненной осьюковки является протяжка (вытяжка). Данная операция способствует завариванию внутренних дефектов усадочного происхождения, улучшению макроструктуры и микроструктуры металла, улучшению комплекса механических свойств металла [1]. Путем деформационной проработки уплотняют металл в зонах пористости, заваривают трещины, проводят дробление дендритной крупнозернистой структуры и неметаллических включений.

Интенсивность операции протяжки и качество получаемых поковок зависит от геометрической формы поверхности бойков и деформационных режимов пластической деформации [2]. Традиционно для проведения операцийковки используют следующие универсальные бойки.

Верхний и нижний бойки с плоской рабочей поверхностью (рис. 1,а). Используется дляковки заготовок прямоугольного и круглого сечения; куются разнообразные по размерам поковки в основном из марок сталей, обладающих высокой пластичностью. К преимуществам можно отнести высокую универсальность, а к недостаткам низкую интенсивность вытяжки и неблагоприятное напряженно-деформируемое состояние в очаге деформации, что негативно отражается при ковке малопластичных сталей.

Верхний боек с плоской рабочей поверхностью, нижний с ромбической или вырезной рабочей поверхностью (рис. 1,б). Такие комбинированные бойки имеют широкое применение при ковке поковок круглого сечения на всех этапах, начиная с биллетирования слитков и заканчивая шлихтовочными обжатиями. Бойки данной конфигурации позволяют изготавливать поковки из малопластичных сталей. К преимуществам можно отнести достаточную универсальность и высокую интенсивность вытяжки, напряженно-деформируемое состояние в очаге деформации более благоприятное.

Дляковки специальных сталей с малым ресурсом пластичности применяют верхний и нижний бойки с ромбическими или вырезными рабочими поверхностями (рис. 1в, 1г). К преимуществам можно отнести высокую интенсивность вытяжки, благоприятное напряженно-деформируемое состояние в очаге деформации, а недостатками является низкая универсальность и необходимость в большом парке кузнечной оснастки [3].

В зависимости от типов рабочих поверхностей и их геометрических размеров различаются эксплуатационные характеристики [4]. Классификация типов бойков с указанием их эксплуатационных характеристик даны в ряде работ [5-8]. Отличаясь между собой в некоторых типах бойков, эти классификации характеризуются постоянством в расположении относительно друг друга основных типов бойков плоских, комбинированных и вырезанных. Выбор конфигурации бойков обусловлен конкретными условиями производства: геометрические размеры поковки, партийность, материал поковки, сроки подготовки производства и изготовления заказа, стойкость рабочего инструмента и его доля в себестоимости изготавливаемой поковки.

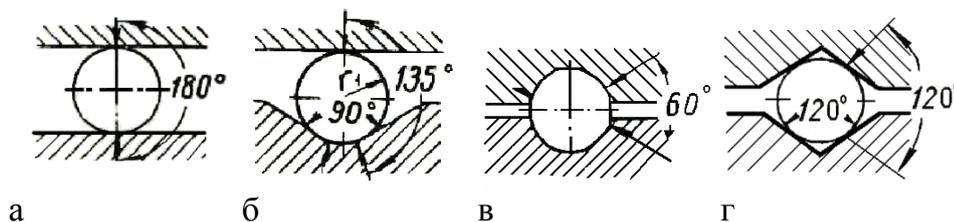


Рис. 1. Типы рабочих поверхностей бойков:  
 а – плоские; б – комбинированные; в – вырезные радиальные;  
 г – вырезные ромбические

Одним из весьма перспективных направлений является применение четырехстороннейковки слитков с применением специальных ковочных устройств [9-11], конструкция которых в общем виде приведена на рис. 2.

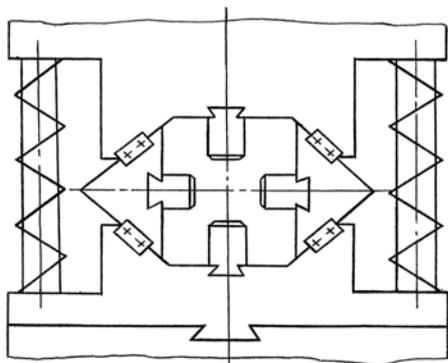


Рис. 2. Специальное ковочное устройство для четырехстороннейковки слитков

Использование данного блока дляковки обычных углеродистых сталей и специальных трудно деформируемых сталей и сплавов, обеспечивает: глубокую проработку структуры

металлов по всему сечению заготовки; отсутствие разрывов в сердцевине поковок; хорошее качество поверхности поковок; значительную экономию материалов из-за высокой размерной точности поковок и низких припусков на механическую обработку; гибкость в работе, достигаемую посредством регулировки величины хода бойков и подач; номинальное усилие ковки на всём ходу бойков; выполнение ковки за один нагрев заготовки и т.д.

При этом сокращается машинное время ковки на 35 - 65 %, что позволяет увеличить объём производства поковок в 1,7 - 2,5 раза; получаются геометрически точные поковки круглого и квадратного (с острыми кромками) сечений с уменьшенными на 25-30 % допусками и припусками, а уменьшение припусков на 25-30 % позволяет экономить 40 - 70 кг металла на 1 т поковок диаметром 200 - 400 мм, поставляемых на экспорт после их обдирки на металлорежущих станках; сокращаются затраты энергии на единицу поковок не менее чем в 1,5 раза; обеспечивается высокое качество металла поковок [12, 13].

К недостаткам 4-х бойковых ковочных устройств необходимо отнести высокую стоимость и сложность изготовления по сравнению с традиционным кузнечным инструментом, что не позволяет интенсивно внедрять данные устройства в производство.

В настоящее время увеличилось количество исследований и прикладных технических решений, направленных на внедрение деформирующего инструмента, позволяющего интенсифицировать использование необычных эффектов, возникающих в процессе деформации, реализуемых с наложением на обрабатываемую заготовку макросдвигов, т.е. сдвигу подвергают одну часть заготовки относительно другой её части [14]. Применение таких методов ковки позволяет получать поковки с качественной макроструктурой при значительно меньших степенях укова (не более 2) и более высокими механическими свойствами при равных степенях укова. В.А. Тюрин приводит следующие обобщенные технические характеристики принципиальных способов воздействия на макроструктуру путём регулирования потоков пластического течения металла:

- увеличение количества потоков вытеснения металла в очаге деформации с целью интенсификации проработки металла в осевой зоне и по всему поперечному сечению слитка при ковке;
- изменение направления потоков вытеснения металла относительно главных осей изделия, в частности, путём ковки с непрямолинейным фронтом подачи;
- накопление эффектов изменения направления течения металла с целью регулирования анизотропии металла;
- регулирование пластических потоков за счёт изменения соотношения площадей свободных и контактных поверхностей, а также за счёт изменения конфигурации свободных поверхностей заготовки;
- реализация дополнительных макросдвигов в очаге деформации.

Реализация вышеперечисленных технических решений происходит путем расширения рабочих параметров бойков с помощью изменения граничных условий, таких как форма технологического инструмента, сочетающего границы поверхности контакта с заготовкой (рис. 3): прямолинейные, непрямолинейные, вогнутые и выпуклые участки [15].

Ковка заготовок с применением макросдвигов активно внедряется на предприятиях СНГ. Так на заводе «Днепроспецсталь» разработан и внедрён способ радиального обжатия с увеличенными подачами из стали Р6М5К5 [16], который позволил: увеличить производительность до 16 %; улучшить проработку структуры металла; уменьшить коэффициент анизотропии механических свойств на 40 %.

Разработаны и предлагаются к использованию специальные кузнечные бойки [16] применение которых позволяет получить макроструктуру металла со скрученными волокнами, что позволяет значительно увеличить механические свойства металла при изготовлении поковок (см. рис. 4).

Учёными Московского института сталей и сплавов предложен ряд бойков [17, 18], конфигурация которых обеспечивает в поковке дополнительные плоскости сдвига, что позволяет улучшить проработку структуры поковки и уменьшить анизотропию механических свойств (см. рис. 5).

Применение специальных V-образных бойков (рис 6.) дляковки плит предложено специалистами Донбасской государственной машиностроительной академии [19]. Использование такого инструмента позволило не только улучшить качество структуры металла поковок, но и увеличить производительность.

Тем не менее, в практике кузнечного производства отмечается стремление максимально использования верхнего плоского бойка, т.е. применяют его при производстве поковок, как прямоугольных, так и круглых в поперечном сечении и таким образом сокращают число переналадок верхнего инструмента.

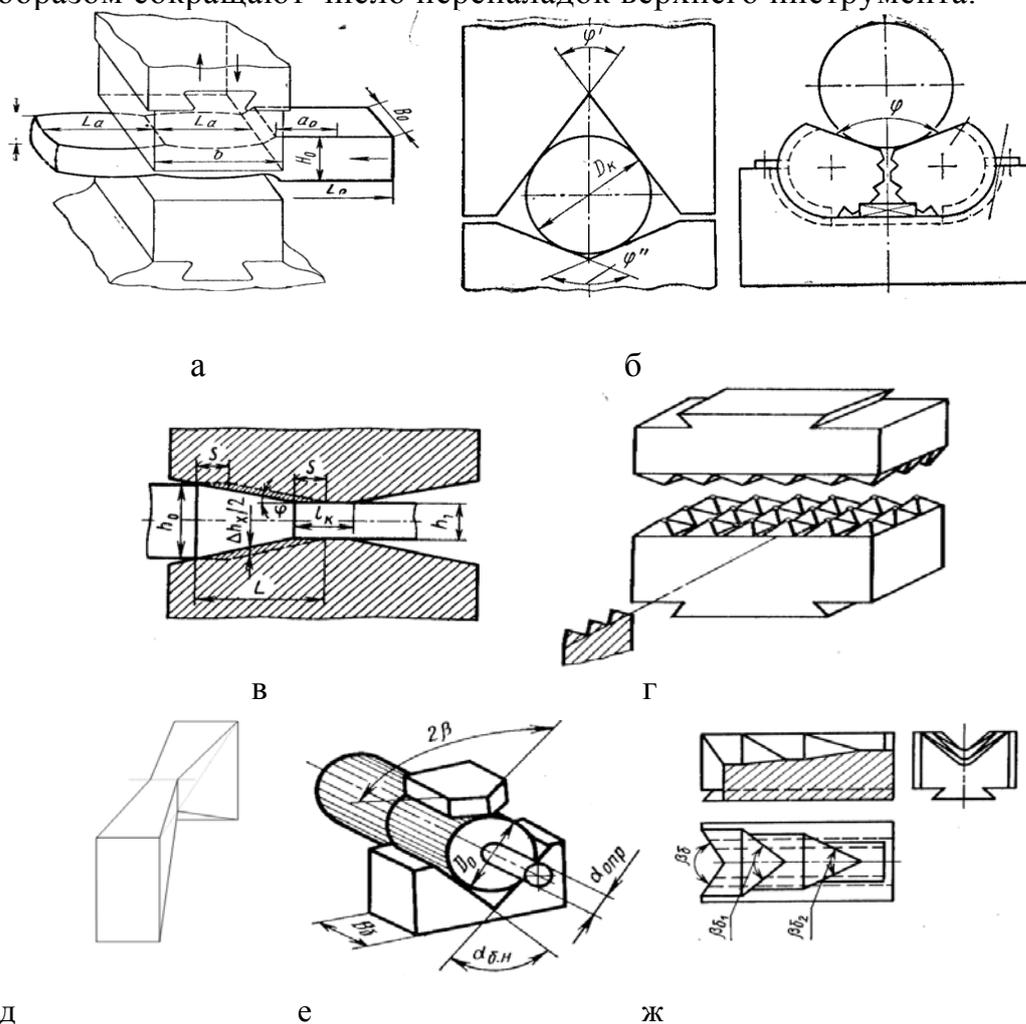


Рис. 3. Типы рабочих бойков:

а – боек с плоским фронтом подач и плоским зеркалом бойка, б – боек с плоским фронтом подач и вогнутым зеркалом бойка, в – боек с плоским фронтом подач и выпуклым зеркалом бойка, г – боек с плоским фронтом подач и комбинированным зеркалом бойка, д – боек с выпуклым фронтом подач и вогнутым зеркалом бойка, е – боек с выпуклым фронтом подач и плоским зеркалом бойка, ж – боек с вогнутым фронтом подач и плоским зеркалом бойка

Варьирование режимами подач и кантовок позволяет добиться удовлетворительных результатов при ковке в комбинированных и плоских бойках. Так на ОАО “ММК им. Ильича” разработана и внедрена технологияковки высокохромистой инструментальной легированной стали марок X12МФ (ГОСТ 5950-2000) в комбинированных бойках на гидравлическом ковочном прессе. Предложенный технологический режим был разделён на два этапа. На первом этапе производили деформацию с малыми степенями обжатия  $\epsilon = 5\%$  и относительную степень подачи 0,4 за один проход с целью раздробления возможной карбидной сетки на втором этапе производили интенсивную деформацию со степенями обжатия  $\epsilon = 15\%$  за один проход. Применение таких режимов пластической деформации позволили получить поковки с качественной микроструктурой при суммарных степенях укова 4 - 4,5.

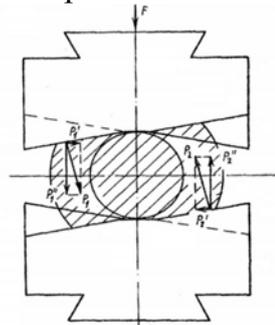


Рис. 4. Инструмент дляковки

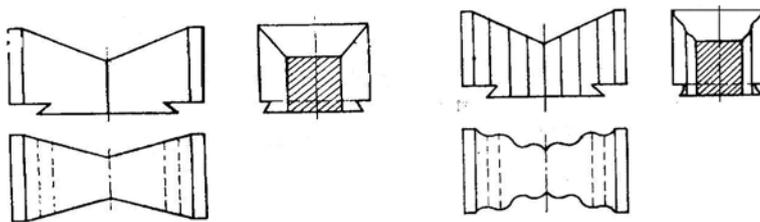


Рис. 5. Варианты исполнения кузнечных вырезных бойков

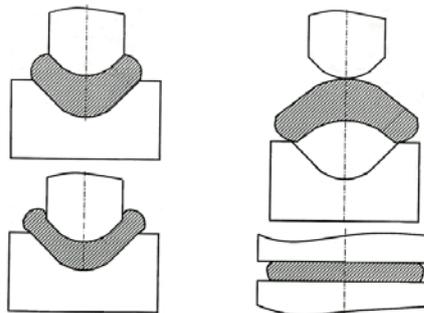


Рис. 6. Схемаковки в V-образных бойках

Таким образом, деформирующий инструмент дляковки поковок с вытянутой осью можно классифицировать по двум параметрам: форма рабочей поверхности бойка и форма фронта подачи. Комбинирование данных составляющих позволяет влиять на качество получаемых поковок и интенсивность процесса протяжки без применения дорогостоящего инструмента и установки нового оборудования. Выбор конфигурации инструмента зависит от эксплуатационных свойств, которые необходимо получить в поковке, исходного материала применяемого для изготовления изделий, серийности производства. Необходимо также отметить, что перспективным направлением, позволяющим интенсифицировать процесс протяжки при ковке поковок валов ответственного назначения, является варьирование режимами подач и кантовок в

сочетание с инструментом, который позволяет добиться получения макросдвиговых деформаций.

**Список литературы:** 1. Соколов Л.Н. Теория и технологияковки / Л.Н. Соколов, Н.К. Голубятников, В.Н. Ефимов, И.П. Шелаев / Под ред. Л.Н. Соколова.- К: Выща школа: Головное изд-во, 1989. - 317с. 2. Орлов Е. Д. Повышение качества деформированных заготовок – ключ к обеспечению высокой надёжности изделий ответственного назначения / Е. Д. Орлов // Кузнечно-штамповочное производство. - 1993. - №12. - С.2. 3. Юдович С.З. Ковка на молотах заготовок из легированных сталей / С.З. Юдович. – М.: Машиностроение, 1968. – 215 с. 4. Ковка и объёмная штамповка стали. Справочник в двух томах. Т.1 / под ред. М. В. Сторожев – М.: Машиностроение, 1967. – 436 с. 5. Склюев П.В. Внутренние пороки крупных поковок. / П.В. Склюев // Сб. «Технология машиностроения». - М.:Машгиз, - 1952. - №43. – С.25-28. 6. Макринов В.Д. Свободная поковка под прессами. / В.Д. Макринов. - Л.:Библиотека кузнеца-новатора, 1954. – 127с. 7. Дзугутов М.Я. Внутренние разрывы при обработке металлов давлением. / М.Я. Дзугутов. - М.:Металлургиздат.,1958. – 225с. 8. Охрименко Я.М. Неравномерность деформации при ковке. / Я.М. Охрименко, В.А. Тюрин. – М.:Машиностроение, 1966. - 182с. 9. Пат. 2242322 Российская Федерация, МКИ В 21 J 13/02 К 7/16. Четырёхбойковое ковочное устройство / А.М. Володин, Л.Г. Конев, В.А. Лазоркин; Заявитель и патентообладатель ОАО «Тяжпрессмаш». - №2003110915/02; Заявл.16.04.03; Опубл. 20.12.04, Бюл. №65. – 6 с.; ил. 10. Пат. 55249А Украина, МКВ 7 В 21 J 13/02. Чотирибойковий кувальний пристрій / В.А. Лазоркін, Ю.В. Мельников, С.О. Лазоркіна (Україна). - №2002086605; Заявл. 09.08.2002; Опубл. 17.03.2003, Бюл. №3. – 3 с.; ил. 11. Пат. 64299А Украина, МКВ 7 В 21 J 13/02. Чотирибойковий кувальний пристрій / В.А. Лазоркін, Ю.Ф. Терновий, Ю.В. Мельников (Україна). - №2003044007; Заявл. 30.04.2003; Опубл. 16.02.2004, Бюл. №2. – 5 с.; ил. 12. Лазоркин В.А. Четырёхбойковое ковочное устройство для гидравлических ковочных прессов / В.А. Лазоркин, Ю.Ф. Терновой, Ю.В. Артамонов // Кузнечно-штамповочное производство. – 2000 - № 8. - С.43-44. 13. Лазоркин В.А. Качество поковок, изготавливаемых радиальной ковкой на гидравлическом ковочном прессе / В.А. Лазоркин, Р.В. Яценко, Ю.В. Мельников // Кузнечно-штамповочное производство. – 2005. - № 5.- С. 8-11. 14. Тюрин В.А. Дополнительные макросдвиги – технологические резервыковки / В.А. Тюрин // Кузнечно-штамповочное производство. - 1993. - №12. - С.8 - 9. 15. Антощенко Ю.М. Развитие теории процессовковки с целью создания эффективных технологий производства сплошных и полых поковок из слитков: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.16.05 / МИСиС. – Москва, 2002. – 47с. 16. Скобко С. Я. Слитки для крупных поковок. / С. Я. Скобко, Е. А. Казачков. – М.: Металлургия 1973. – 178с. 17. Голиков И. Н. Дендритная ликвидация в стали. / И. Н. Голиков. – М.:Металлургиздат,1959. – 215с. 18. Охрименко Я. М. Технология кузнечно-штамповочного производства / Я. М. Охрименко – М.: Машиностроение, 1976. – 560с. 19. Марков О.Е. Удосконалення ресурсозберігаючих технологічних процесів кування плит: автореф. дис. ... к-та техн. наук: 05.03.05 / Донб. держ. маш. ак-я. – Краматорськ, 2003. – 19с.

*Поступила в редколлегию 25.05.2009*