

Кухарь В.В.,
Суглобов Р.В.,
Присяжный А.Г.
 ГВУЗ «Приазовский государственный
 технический университет»,
 г. Мариуполь, Украина
E-mail: kvv_mariupol@mail.ru

**РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ
 И МЕТОДИКИ РАСЧЕТА УСТРОЙСТВА
 ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
 СМАЗОК В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ
 ЛИНИЯХ ШТАМПОВКИ И ПРОКАТКИ**

УДК 621.89(088.8): 621.896: 621.7

Предложена конструкция эжекторного узла для нанесения распылением технологических смазок на смазываемые поверхности. Экспериментально установлена зависимость режимов работы данного устройства от влияния комплекса конструктивных и технологических факторов, которая положена в основу методики проектирования устройства для подачи и нанесения смазок в технологических процессах обработки металлов давлением.

Ключевые слова: устройство для нанесения технологических смазок, эжекторный узел, экспериментальные исследования, методика расчета

Введение

Повышение стойкости дорогостоящего штампового инструмента и прокатных валков является актуальной научно-технической проблемой, для решения которой предложен ряд методов [1, 2]. К ним относят разработку химического состава и режимов термической обработки штамповых сталей, химико-термическую обработку, предварительное профилирование заготовок, смазку гравюр или штампуемых заготовок, улучшение температурного режима работы штампа, сбив окалины, варьирование толщиной заусенца (облоя) и др. Использование технологических смазок позволяет в 1,6 ... 1,8 раз повысить стойкость штампов для горячей объемной штамповки, при этом существенную роль в обеспечении требуемого температурного режима штампа и эффективной его защиты от износа играет не количество, а равномерность нанесения технологической смазки [2]. Для соблюдения условий равномерного нанесения слоя смазочно-охлаждающих смесей на смазываемые поверхности разработаны технические устройства, конструкционные параметры которых требуют уточнения исходя из условий их работы. Питатели эжекторного типа зарекомендовали себя наименее материалоемкими, дешевыми и легко управляемыми устройствами, что особенно важно для использования в автоматизированных комплексах обработки металлов давлением. При этом влияние вида конструкции и производственных факторов на рабочие характеристики эжекторных устройств для подачи смазок до настоящего времени изучено недостаточно.

Анализ известных исследований и публикаций

Эффективность использования водно - графитовых технологических смазок в процессах горячей обработки металлов не вызывает сомнения по сравнению, например, с твердыми или маслографитовыми препаратами [2-4]. Смазки на водной основе являются бездымными, при непреднамеренных разливах не создают травмоопасных ситуаций, а устройства для их нанесения легко автоматизировать [3 - 5]. Для улучшения условий работы в прокатно-штамповочной отрасли и минимизации негативного влияния на окружающую среду с обязательным увеличением производительности и стойкости штампов в Европейском Союзе учрежден отраслевой исследовательский проект "Brite-Euram", целью которого является разработка экологически безопасных систем смазки инструмента для горячей обработки материалов [6].

Наиболее распространено смазывание и охлаждение рабочих частей штампового инструмента способами смачивания ("dip cooling"), например, квачём, облаком тумана технологической смазки ("film cooling") и распылением ("spray cooling") [5]. Нанесение смазки на поверхность заготовки менее эффективно и сопровождается повышенным расходом смазочного материала. Для всех перечисленных способов при горячей штамповке или прокатке, когда температура рабочего инструмента выше некоторой критической величины ("Leidenfrost - temperature"), возможно возникновение нежелательной "паровой подушки" ("Leidenfrost-effect") между поверхностью деформируемого металла и инструмента. С данной точки зрения смазывание распылением является более предпочтительным, т.к. наличие кинетической энергии у капель смазки способствует их проникновению в глубокие полости ручьев [5].

Для высокоточного нанесения смазки на рабочие поверхности штампов горячей штамповки разработаны устройства, основанные на эффекте распыления жидкости, вытесняемой высоким давлением (40 ... 80 атмосфер и более) [4, 5]. Такие устройства содержат герметично закрытый прочный бак емкостью 45 ... 400 литров, компрессор для нагнетания воздуха и создания высокого давления в баке, электродвигатель, трубопровод (гибкий шланг) и распылительную головку. Предусмотрены исполнения с ручным, полуавтоматическим и автоматическим перемешиванием смазки для исключения слипания час-

тиц графита и закупорки форсунок [2, 4]. Кроме того, необходимость продавливания смазки через сопла форсунок с малыми проходными сечениями накладывает ограничение на дисперсность помола её нерастворимых компонентов. Также известны устройства, в которых нанесение технологических смазок осуществляется подаваемым под давлением инертным газом [7]. Здесь возможности более равномерного и глубокого нанесения смазки связаны с эксплуатацией криостойких баков с жидким азотом, испарителей для его испарения при оптимальном давлении и температуре и инжекторов для впрыскивания газосмазочной смеси в полость штампа, что делает данные конструкции весьма энергоемкими. В работе [3] изучено изменение температуры штампов при их смазке и охлаждении различными способами в технологических циклах автоматизированной штамповки на механических и гидравлических прессах. При этом подтверждены наилучшие результаты для нанесения технологической смазки распылением.

Недостатки способов распыления жидких технологических смазок, заключающиеся в их подаче в систему под давлением, подводе сжатой среды (воздуха или газа) для продувки и барботажа смазки по отдельным трубопроводам, засорения трубопроводов, исключаются при использовании эжекторных узлов. Способы предполагают приготовление раствора смазки, смешение его с потоком воздуха, подвод смеси по трубопроводу к смазываемым поверхностям и распыление, при котором предусмотрено создание локального сопротивления потоку воздушно-смазочной смеси для установления давления в зоне смешивания больше атмосферного. Типовым устройством для реализации данного способа является конструкция эжектора [8], содержащая корпус, сопло, трубопровод, подпружиненный шток для уменьшения поперечного сечения трубопровода, открытый бак и всасывающий рукав. Воздушный поток от пневматической сети проходит через сопло и трубопровод с открытым сечением при отжатом штоке и образует разрежение, благодаря которому из бака всасывается поток смазки, смешивающейся с воздухом за корпусом устройства. Дозировку смазки осуществляют с помощью подпружиненного штока, при изменении положения которого часть воздушного потока направляется на продувку распылителя, а другая – на продувку рукава всасывания смазки и её перемешивание в баке [8].

Такие устройства обладают техническими ограничениями, связанными со сложностью определения их конструктивных параметров, что ухудшает управляемость подачей и отсечкой технологической смазки и требует установки дополнительных звеньев. Стабильность работы устройства и его способность к автоматизации также снижается из-за установки управляющего штока в зоне смешивания.

Цель работы и постановка задач исследования

Целью настоящей работы является усовершенствование конструкции устройства для нанесения распыленной технологической смазки на основе принципа эжекции и разработка методики расчета его конструктивных параметров для улучшения управляемости устройством в автоматизированных линиях обработки металлов давлением, в частности, горячей объемной штамповки и прокатки.

Для решения поставленной цели требуется решить следующие задачи: 1. Экспериментально исследовать работу устройства при различных конструктивных и технологических факторах. 2. Обработать экспериментальные данные и разработать методику расчета устройства для нанесения технологической смазки, которая позволит обеспечить необходимый перепад давления в камере разрежения при требуемом взаимном расположении конструктивных элементов. 3. Улучшить управляемость процессом подачи распыленной смазки и повысить стабильность работы устройства.

Изложение основного материала

С точки зрения простоты, управляемости и обеспечения стабильности работы технологических установок в широком диапазоне влияющих факторов наиболее технологичными являются газожидкостные эжекторы с прямолинейной камерой смешения (распыления жидкой смазки). Давление ΔP , Па, в зоне смешивания может быть определено по формуле [9]:

$$\Delta P = \lambda \left(\frac{l_0}{d_0} \right) \rho \frac{\omega^2}{2} + \zeta \rho \frac{\omega^2}{2}, \quad (1)$$

где $\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta_e}{d_0} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}$ – коэффициент гидравлического трения (по Альтшулю), здесь

Re – число Рейнольдса, Δ_e – эквивалентная шероховатость проходного сечения трубопровода, м;

l_0 и d_0 – длина и диаметр трубопровода соответственно, м;

ρ – плотность потока смеси, кг/м³;

ω – скорость потока смеси, м/с;

ζ – коэффициент местных сопротивлений.

Регулировку величины ΔP возможно производить за счет изменения местного сопротивления, перекрытием проходного сечения, воздействием физического поля на поток или трубопровод, увеличением длины или количества поворотов трубопровода. Регулировка значения ΔP за счет изменения величины шероховатости Δ_e трубопровода технически трудноосуществима и малозначима. Для прекращения подачи распыленной смазки и перехода в режим продувки и барботажа необходимо увеличить местные сопротивления так, чтобы выполнялось неравенство: $\Delta P > P_0$, где P_0 – атмосферное давление, Па. В связи с многообразием различных технологических процессов, при которых необходимо нанесение смазок различной вязкости и плотности, диапазон значений отношения площади перекрытия к площади остающегося проходного сечения довольно широк. Например, при подаче жидких смазок, компоненты которых не склонны к выпадению в осадок, а торец выходного распылителя находится в непосредственной близости от горячей заготовки, необходимо интенсифицировать продувку распылителей для исключения зашлаковывания отверстий остатками смазки после испарения жидкой основы. В других случаях, когда низкого коэффициента трения на поверхности “инструмент - заготовка” достигают подачей крупнодисперсного графита, быстро выпадающего в осадок в рабочих растворах водно - графитовых смазок, а торец выходного распылителя находится на значительном расстоянии от нагретой заготовки, необходимо интенсифицировать барботаж рабочего раствора.

Для выполнения экспериментальных исследований было разработано и изготовлено устройство для нанесения технологических смазок, схема которого приведена на рис. 1. В конструкции предусмотрены регулирование расстоянием a за счет резьбовых соединений между корпусом 1, соплом - гильзой 2 и втулкой 5, а также смена трубы 3 для варьирования площадью проходного сечения F_0 и длиной l_0 трубопровода. Последний выполняли по вариантам прямого движения воздушно-смазочной смеси 7 (I) и с поворотом потока на 90° (II) для изменения величин местных сопротивлений (рис. 1).

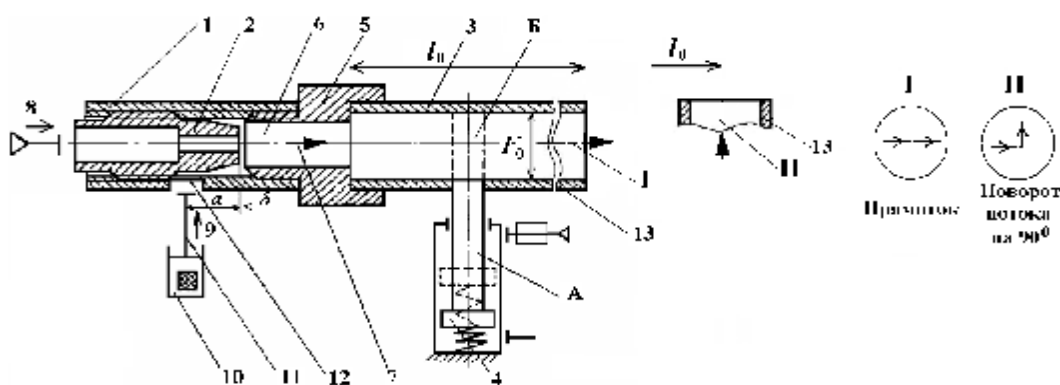


Рис. 1 – Схема устройства для нанесения технологических смазок:

- 1 – корпус; 2 – сопло-гильза; 3 – трубопровод; 4 – подпружиненный шток;
- 5 – втулка с камерой смешения; 6 – зона смешивания; 7 – поток воздушно-смазочной смеси;
- 8 – воздушный поток; 9 – поток смазки; 10 – открытый бак со смазкой;
- 11 – всасывающий рукав; 12 – отверстие для подвода жидкой смазки; 13 – выходное сопло;
- А – режим подачи смазки (шток опущен); Б – режим продувки и барботажа (шток поднят);
- a – расстояние от торца сопла до оси всасывания смазки из бака; d – зазор

Основным параметром, характеризующим эффективность работы устройства, является величина разрежения, возникающая на рукаве всасывания технологической смазки. Предварительно было установлено, что, при прочих равных условиях, наиболее качественного распыления смазок различной вязкости достигают при получении максимального разрежения на всасывающем трубопроводе. Разрежение фиксировали вакуумметром модели ВК-316, соединенным с всасывающим трубопроводом. При проведении экспериментов сетевое давление воздушного потока 8 (рис. 1) изменяли в пределах 0,3 ... 0,6 МПа. Результаты исследований приведены на рис. 2.

Анализ результатов позволяет заключить следующее. Эжекторный узел (рис. 1), несмотря на простоту, чувствителен к изменениям отношения выходного диаметра сопла 2 к внутреннему диаметру втулки 5, длине отверстия сопла 2 и втулки 5, их взаимному расположению относительно оси отверстия всасывающего трубопровода, отношению проходного сечения трубы 3 к выходному сечению распылителей 13. Быстрота срабатывания узла зависит от длины рукава всасывающего трубопровода и расположения бака с технологической смазкой относительно эжекторного узла по высоте. Рекомендуемые отношения площадей отверстия сопла 2 и втулки 5 находятся в пределах 5...6; длина отверстия сопла 2 составляет 2...3 диаметра сопла; длина отверстия втулки 5 (зона распыления) составляет 5 ... 6 диаметров

отверстия; торец сопла 2 и обращенный к нему торец втулки 5 совмещают в одну плоскость ($\delta = 0$) и смещают от оси отверстия для всасывания в сторону по ходу потока воздуха на $1,0 \dots 1,1$ диаметра отверстия втулки 5; выходное сечение отверстий распылителя должно превышать сечение отверстия втулки 5 не менее чем на 40 %. Длина всасывающего рукава должна быть максимально короткой, а емкость с технологической смазкой – максимально приближена к эжектору таким образом, чтобы уровень смазки в баке не превышал горизонтальной оси эжектора.

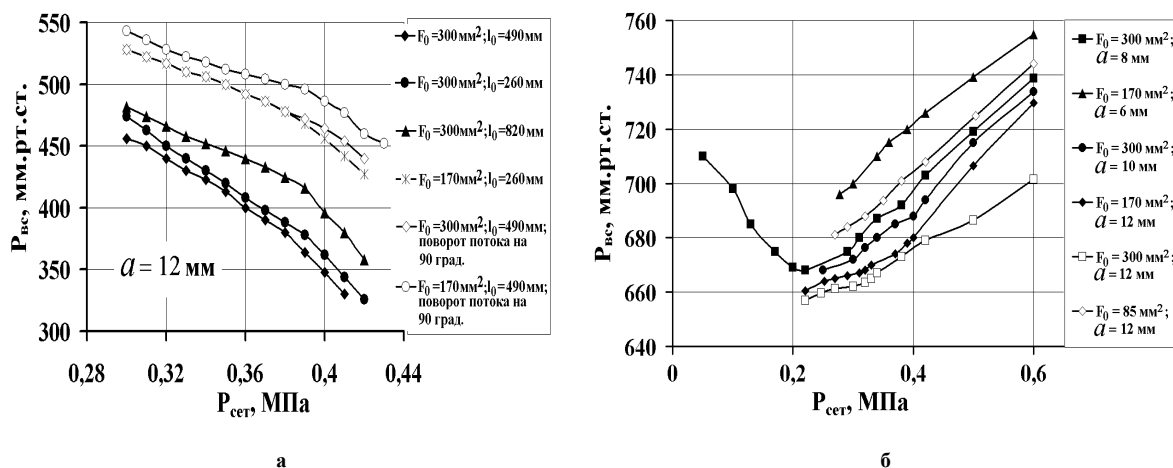


Рис. 2 – Результаты экспериментальных исследований устройства для подачи распыленной смазки:
 а – зависимость давления на всасывающем трубопроводе от сетевого давления воздуха и сопротивления трубопровода для распыления при смещении торцов сопла и втулки от оси всасывания на 12 мм;
 б – зависимость давления на всасывающем трубопроводе от сетевого давления воздуха, сечения трубопровода для распыления и смещения торцов сопла и втулки относительно оси всасывания

В результате обработки графиков (рис. 2) получена эмпирическая зависимость для расчета длины трубопровода (l_0 , мм) от влияющих факторов [10]:

$$l_0 = \left[\frac{0,057 \cdot k_l - 0,022 \cdot k_p - \sqrt{(0,055 \cdot k_p - 0,11 \cdot k_l)^2 + \frac{P_{BC}}{P_{СЕТ}} \cdot (0,08 \cdot k_l - 0,028 \cdot k_p)}}{0,04 \cdot k_l - 0,014 \cdot k_p} \right] \cdot F_0, \quad (2)$$

$$\text{где } k_l = k_{F1} \cdot k_{\alpha 1} = \left[2,239 \cdot \left(\frac{F_0}{1000} \right) + 0,329 \right] \cdot \left[1,36 \cdot \left(\frac{\alpha}{180} \right) + 1 \right];$$

$$k_p = \frac{k_{F2} \cdot k_{\alpha 2}}{P_{СЕТ}} = \frac{\left[0,215 \cdot \left(\frac{F_0}{1000} \right) + 0,935 \right] \cdot \left[0,24 \cdot \left(\frac{\alpha}{180} \right) + 1 \right]}{P_{СЕТ}};$$

P_{BC} и $P_{СЕТ}$ – давление на всасывающем трубопроводе и сетевое давление воздуха, МПа;

α и F_0 – угол поворота потока, град., и площадь сечения трубопровода (рис. 1), мм^2 .

Данная зависимость положена в основу разработанной методики расчета устройства для нанесения технологических смазок для процессов штамповки (рис. 3, а) и прокатки (рис. 3, б). Время и продолжительность подачи технологической смазки в автоматизированных линиях необходимо согласовывать с циклограммой работы оборудования, технологическим циклом. Конструкция и расположение (расстояние до смазываемой поверхности) распылителя зависит от площади смазывания.

Поясним работу устройства на примере процесса прокатки (рис. 3, б). Пусть струя воздушно-смазочной смеси (аэрозоля) распыляется на расстоянии l от рабочих валков, вращающихся с угловой скоростью ω_B , на их поверхность, причем рабочие валки опираются на опорные валки (клеть quadro). Струя раскрывается под углом Θ и образует на поверхности рабочих валков масляное пятно диаметром d , которое при вращении рабочих валков попадает на поверхность прокатываемой полосы, движущейся со скоростью v_n (рис. 3, б).

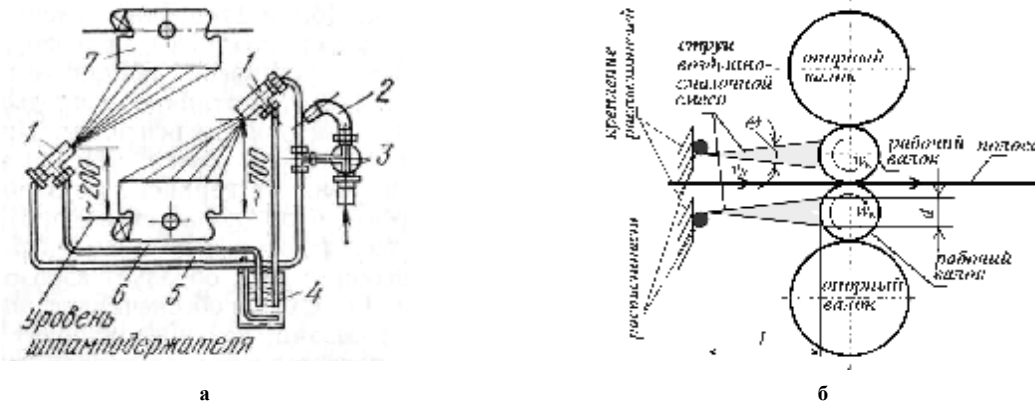


Рис. 3 – Расположение устройств и нанесение распыленных смазок в технологических линиях обработки металлов давлением:

а – при штамповке (1 – распылители, 2 – сопло для предварительного обдува штампов 7, 3 – вентиль; 4 – бак со смазкой, 5 и 6 – трубопроводы для подачи воздуха и смазки соответственно); б – при прокатке

Для выполнения расчетов зададимся следующими исходными данными: $P_{СЕТ} = 400000$ Па; $P_0 = 101325$ Па (1 атм.) – атмосферное давление; $\gamma_A = 80\%$ – содержание воздуха в смеси; $\gamma_{ТС} = 20\%$ – содержание смазки в смеси; $\rho_A = 1,29$ кг/м³ – плотность воздуха; $\rho_{ТС} = 900$ кг/м³ – плотность жидкой технологической смазки; $l = 0,35$ м (принимаем из практики).

Определим режим движения смазочного аэрозоля. Для этого из формулы (1) запишем:

$$\omega = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\rho \cdot k_{\lambda \zeta}}}; \quad k_{\lambda \zeta} = \left[\lambda \left(\frac{l_0}{d_0} \right) + \zeta \right]. \quad (3)$$

Коэффициент $k_{\lambda \zeta}$ зависит от материала и чистоты обработки трубы, траектории гидравлического пути (перегибов, поворотов), габаритов трубопровода (дины, диаметра), причем последние являются искомыми параметрами расчета. Значение $k_{\lambda \zeta}$ изменяется по ходу движения смазочного аэрозоля в трубопроводе и, очевидно, что в зоне смешения его влиянием можно пренебречь. Плотность аэрозоля:

$$\rho = \frac{\gamma_A}{100} \cdot \rho_A + \frac{\gamma_{ТС}}{100} \cdot \rho_{ТС}. \quad (4)$$

Подставляя в уравнение (4) исходные данные получим: $\rho = 181,032$ кг/м³. Тогда, используя выражение (3), для зоны смешения рассчитываем скорость ω' потока смеси:

$$\omega' = \sqrt{2 \cdot (P_{СЕТ} - P_0) / \rho} = 57,4 \text{ м/с}.$$

Основные параметры турбулентной струи при распылении смазочного аэрозоля на поверхность прокатных валков определяем по формулам Г.Н. Абрамовича [9]. Угол раскрытия струи (рис. 3, б):

$$\Theta = 6,8 \cdot a_{\Theta}, \quad (5)$$

где $a_{\Theta} = 0,07$ – рекомендуемый числовой коэффициент [9].

Тогда имеем: $\Theta = 0,476$ рад. = 28° . В рассматриваемом случае принимаем диаметр выходного сопла распылителя (форсунки) равным диаметру трубопровода. Диаметр пятна (рис. 3, б), образующегося на поверхности валков при распылении смазочного аэрозоля, без учета диаметра сопла распылителя: $d = 2 \cdot l \cdot \text{tg}(\Theta/2)$. Откуда: $d = 0,175$ м.

Относительный радиус турбулентной струи на расстоянии l от сопла (по Г.Н. Абрамовичу) [9]:

$$\frac{r}{r_0} = 3,4 \cdot \left(0,29 + \frac{a_{\Theta} \cdot l}{r_0} \right), \quad (6)$$

где $r_0 = d_0/2$ и $r = d/2$ – радиусы сопла (трубопровода) и пятна смазки соответственно.

Из формулы (6) получим:

$$r_0 = \frac{r - 3,4 \cdot a_{\Theta} \cdot l}{0,986}. \quad (7)$$

После расчетов по выражению (7) имеем: $r_0 = 0,0043$ м; $d_0 = 0,0086$ м или $F_0 = 58$ мм².

Определим значение критерия Рейнольдса [9]: $Re = (\omega' \cdot d_0) / \nu$, где $\nu = 18 \cdot 10^{-6}$ м²/с – коэффициент кинематической вязкости смеси, м²/с. $Re = 27424 > Re_{кр} = 2300$, т.е. турбулентный режим движения смеси в трубопроводе подтвержден. Задавая практическим отношением $P_{BC} / P_{CET} = 0,1$ (при $P_{BC} = 0,04$ МПа) и используя выражение (2), получим: $k_l = 0,459$, $k_p = 2,369$, откуда $l_0 = 331$ мм.

По выражению (3) уточним скорость смеси на выходе из трубопровода. Для стальных труб $\Delta_e = 0,05$ мм [9], тогда $\lambda = 0,026$, $\zeta = 0,11$, т.е. $k_{\lambda\zeta} = 1,111$. Откуда: $\omega = 54,5$ м/с. Пересчет по методике (2) - (7) с уточненной скоростью ω не оказывает влияния на конструктивные параметры устройства.

Выводы

В результате выполненного анализа разработано незасоряющееся эжекторное устройство для нанесения жидких технологических смазок распылением, конструкция которого усовершенствована за счет монтажа управляющего штока смещено относительно зоны смешивания, что улучшает управляемость и повышает стабильность работы устройства в автоматизированных технологических процессах. Проведены экспериментальные исследования и выявлены закономерности изменения давления на всасывающем трубопроводе от давления воздуха в пневматической сети, величины смещения оси всасывающего трубопровода от камеры смешивания, местных сопротивлений трубопровода, обусловленных изменением его длины и площади поперечного сечения. Это позволило установить рациональные конструктивные параметры эжекторного устройства для распыления жидкой смазки от технологических факторов и разработать методику его расчета при использовании для смазывания рабочего инструмента в технологиях обработки металлов давлением.

Литература

1. Taylan A., Mayur D. Selection of die materials and surface treatments for increasing die life in hot and warm forging / Taylan Altan, Mayur Deshpande // ERC for Net Shape Forming. Paper No 644-FIA Tech Conference. – The Ohio State University, April 2011. – P. 1-32.
2. Chun Liu. Modeling of water and lubricant sprays in hot metal working : Dissertation ... Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Doctor of Philosophy (Ph.D.) in the Graduate School of The Ohio State University / Chun Liu. – The Ohio State University, 2007. – 282 p.
3. Manas Shirgaokar. Technology to improve competitiveness in warm and hot forging: Increasing die life and material utilization : Dissertation ... Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Doctor of Philosophy (Ph.D.) in the Graduate School of The Ohio State University / Manas Shirgaokar. – The Ohio State University, 2008. – 296 p.
4. Hot forging die lubrication by the use of zero maintenance spraying systems // Purchase. Tech Article. – November, 2012. – P. 149-154.
5. Behrens B.-A., Lueken I., Odening D. Cooling and lubrication of automated forging processes with high-pressure systems / Bernd-Arno Behrens, Ingo Lueken, Dirk Odening // International Journal of Material Forming. – 2010. – Vol. 3, Issue 1 Sup. – P. 331-334.
6. Sheljaskow S. Tool lubrication systems in warm forging / S. Sheljaskow // Journal of Materials Processing Technology. – 2001. – № 113. – P. 16–21.
7. Pat. WO/2008/071355 Italy, A1, B 21 J 3/00; B 30 B 15/00. Lubricating system and method for a press-forging die / Bassi Stefano, Borgogno Alessandro, Porto Gianluca, Giudici Raoul (IT); Petruzzello, Aldo et al. (Racheli & C. SPA) (IT). – № EP2007/010678; заяв. 07.12. 2007; опубл. 19.06.2008.
8. Пат. 13855A UA, МПК В 21 J 3/00. Розпилювач / Діамантопуло К. К., Капланов В. І., Діамантопуло О. К. (UA); Маріупольський металургійний інститут. – № 94041255; заяв. 31.12.1992; опубл. 25.04.1997, Бюл. № 2.
9. Смыслов В.В. Гидравлика и аэродинамика / В. В. Смыслов. – К.: Вища школа, 1979. – 336 с.
10. Пат. 11783 UA, МПК (2006) В 21 J 3/00. Розпилювач / Діамантопуло К. К., Кухар В. В., Присяжний А. Г. (UA); Приазовський державний технічний університет. – № u200505681; заявл. 13.06.05; Опубл. 16.01.06, Бюл. № 1.

Поступила в редакцію 29.11.2013

Kukhar V.V., Suglobov R.V., Prisyazhnyi A.G. The working of design and projecting methodic for technological lubricants spraying system in automatic lines of die-forging and rolling.

The design of ejecting facility for covering of technological lubricants by spraying on lubricating surfaces was proposed for automatic lines of impression die-forging and rolling. The regulation of modes of stream givens of viscid liquids is possible in knot for lubricants spraying for proportional cover guarantee. The experimental researches were executed and depending between modes of work of spraying system and complex of designing and technological factors was finding. Rational design parameters of ejecting spray system were finding and results grounding to the methodic of calculation of new design of knot for spraying of lubricant in metal forming technologies that realized in automatic lines with counting of pressure in air net, quantity of dismiss of axe of absorbing pipe-line from mixing zone, local resistances of pipe-line from condition of changing of length and square of tube cross-section. The methodic of obtain the designing parameters of ejecting spray system for technological lubricant can be improving by method of successive approximations but example for rolling process was shown about given requiring results at first calculation.

Key words: spraying system for covering by technological lubricants, ejecting knot, experimental research, methodic of design calculation

References

1. Taylan Altan, Mayur Deshpande. Selection of die materials and surface treatments for increasing die life in hot and warm forging. ERC for Net Shape Forming, Paper No 644-FIA Tech Conference, The Ohio State University, April 2011, pp. 1-32.
2. Chun Liu. Modeling of water and lubricant sprays in hot metal working. Dissertation, Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Doctor of Philosophy, Ph.D., in the Graduate School of The Ohio State University, The Ohio State University, 2007, 282 p.
3. Manas Shirgaokar. Technology to improve competitiveness in warm and hot forging: Increasing die life and material utilization. Dissertation, Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Doctor of Philosophy, Ph.D., in the Graduate School of The Ohio State University, The Ohio State University, 2008, 296 p.
4. Hot forging die lubrication by the use of zero maintenance spraying systems. Purchase, Tech Article, November, 2012, pp. 149-154.
5. Behrens B.-A., Lueken I., Odening D. Cooling and lubrication of automated forging processes with high-pressure systems. International Journal of Material Forming, 2010, Vol. 3, Issue 1 Sup., pp. 331-334.
6. Sheljaskow S. Tool lubrication systems in warm forging. Journal of Materials Processing Technology, 2001, № 113, pp. 16–21.
7. Pat. WO/2008/071355 Italy, A1, B 21 J 3/00; B 30 B 15/00. Lubricating system and method for a press-forging die. Bassi Stefano, Borgogno Alessandro, Porto Gianluca, Giudici Raoul IT. Petruzzello, Aldo et al. Racheli & C. SPA IT, № EP2007/010678, zajav. 07.12. 2007, opubl. 19.06.2008.
8. Pat. 13855A UA, MPK B 21 J 3/00. Rozpyl'uvach. Diamantopulo K.K., Kaplanov V.I., Diamantopulo O.K. UA, Mariupol'skyi matalurgijnyi instytut. № 94041255, zajav. 31.12.1992, opubl. 25.04.1997, Bul. No. 2.
9. Smyslov V.V. Gidravlika I aerodinammika. Kiev, Vysha shkola, 1979, p. 336.
10. Pat. 11783 UA, MPK 2006 B 21 J 3/00. Rozpyl'uvach. Diamantopulo K.K., Kukhar V.V., Prisyazhnyi A.G. UA, Pryazovskyi derzhavnyi technichnyi universytet. № u200505681, zajav. 13.06.05, opubl. 16.01.06, Bul. No. 1.