

Секция 2

МОБИЛЬНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

УДК 69.002.5 – 82

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ АГРЕГАТЫ МНОГОМОТОРНЫХ ПРИВОДОВ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

*Котлобай А.Я., Вавилов А.В. (БНТУ),
Коробкин В.А., Андрияненко Ю.А. (РУП «Минский тракторный завод»),
Гарост М.М., Котлобай А.А. (БНТУ)*

Предложен принцип деления потока рабочей жидкости, состоящий в дискретной подаче фиксированных объемов рабочей жидкости по напорным магистралям потребителей, реализация агрегата дозирования и насосного агрегата, обеспечивающих необходимые число потоков, и параметры расхода рабочей жидкости по напорным магистралям потребителей.

Применение газогидравлического аккумулятора позволяет компенсировать цикличность подачи рабочей жидкости, и обеспечивает регламентированный уровень неравномерности давления в напорных магистралях потребителей.

Введение

Одной из тенденций развития технологического машиностроения является создание мобильных, многофункциональных машин большой единичной мощности, выполняющих за один проход комплекс технологических операций. Возможности реализации объединения ряда активных и пассивных рабочих органов в одной мобильной машине ограничиваются габаритами технологического оборудования и системой отбора мощности силовой установки на привод оборудования.

Перспективным типом передачи мощности от двигателя к рабочему оборудованию машин является многомоторный объемный гидропривод, обладающий рядом положительных качеств. При формировании структуры многомоторных приводов традиционно сложились подходы: увеличение числа насосов при увеличении числа активных рабочих органов; распределение мощности силовой установки по контурам объемного гидравлического привода производится согласующими редукторами, связывающими ведущие валы стандартных насосов с валом силовой установки; распределение потока мощности гидромотора по контурам потребителей механическими передачами. Увеличение удельного веса механической части привода отрицательно сказывается на габаритных возможностях машины по размещению технологического оборудования. Велика трудоемкость создания многофункциональных машин, поскольку машиностроительные предприятия, выпускающие такие машины малыми сериями, не располагают технологической базой для изготовления конкурентоспособных систем механических приводов.

Гидравлические агрегаты дискретного действия

Существенным резервом рационализации гидравлических объемных многомоторных приводов ходового и технологического оборудования, является уменьшение удельного веса механических передач в кинематической цепи привода.

Такая задача может решаться по двум направлениям: создания дозирующих систем – отдельных гидравлических агрегатов деления – суммирования потока рабочей жидкости насоса; создания многопоточных моноагрегатных насосных установок.

В рамках развития первого направления в ряде гидравлических систем отбора мощности используются делители потока дроссельного типа. Область применения дроссельных делителей потока ограничена формированием потоков рабочей жидкости к приводам малой энергоемкости, широкого распространения такие агрегаты не получили. Получили распространение делители потока, созданные на основе объединения ряда шестеренных гидромашин.

Второе направление активно разрабатывается. В отечественной промышленности развит подход в создании моноагрегатных насосных установок, состоящий в использовании раздаточной коробки, устанавливаемой непосредственно на двигатель, с присоединением к ней необходимого количества гидронасосов. Высокие габаритно-массовые показатели таких моноагрегатов препятствуют их широкому использованию. Применяются варианты последовательной установки нескольких насосов (как правило, не более трех). Экономится поперечный габарит моноагрегата за счет отсутствия раздаточной коробки, однако увеличивается продольный. Ряд фирм-производителей гидроаппаратуры предлагают тандемные насосы [1]. Например, BOSCH-Rexroth, «Пневмостроймашина» выпускают тандемный насос, в картере которого, устанавливается раздаточный редуктор и два синхронно, либо независимо наклоняемых блока цилиндров. Sauer-Danfoss выпускает продольный тандемный насос, где два блока цилиндров установлены на одном валу и обращены опорно-распределительными дисками друг к другу.

Основным направлением в развитии насосных моноагрегатов является создание систем механических приводов насосов стандартных конструктивных схем. Данное направление приемлемо для производителей гидравлической аппаратуры, поскольку все затраты на производство систем приводов финансирует потребитель, но не отвечает требованиям потребителей по ряду массово-габаритных и стоимостных параметров насосных моноагрегатов.

В рамках реализации первого направления при создании объемных гидравлических систем отбора мощности двигателя на привод ходового и рабочего оборудования технологических машин предпочтительны объемные делители потока. Область применения объемных делителей потока широка. Питание нескольких независимых контуров от одного насоса исключает необходимость в многочисленных приводах насосов.

Выбор принципов объемного деления потока рабочей жидкости возможен на основе использования теоретических положений объемных гидравлических приводов дискретного действия, широко применяемых среди современных средств автоматизации машин. Разработка методов деления потока рабочей жидкости на основе дискретных приводов позволила предложить инженерное решение, состоящее в дискретной подаче фиксированных объемов рабочей жидкости последовательно по напорным магистралям потребителей [2]. Насос многомоторного привода работает каждый дискретный промежуток времени с контуром одного, и последовательно подключается к контуру каждого потребителя гидросистемы. Нагрузочные режимы различных контуров не оказывают взаимного влияния.

Для реализации такого инженерного решения необходимо обеспечить дискретизацию потока жидкости, подаваемой насосом, на малые, задаваемые объемы. Точность, достигаемая при дискретизации потока жидкости, определит точность деления потока по контурам потребителей.

Возможны два варианта дискретизации потока рабочей жидкости. Первый вариант дискретизации потока жидкости, предполагает использование промежуточных устройств с

малыми объемами, периодически заполняемых насосом, и опорожняемых в контур последовательно каждого потребителя. Анализ работы плунжерных возвратно-поступательных гидромашин показывает возможность использования их основных технических решений в качестве дозирующих систем. Структура таких дозирующих систем может быть сформирована на основе модульного принципа [3], предполагающего увязку количества дозирующих модулей с числом контуров потребителей. Модульный принцип позволяет наращивать число дозирующих модулей в зависимости от числа контуров потребителей. Плунжер дозирующего модуля образует две торцевые рабочие полости. Цикл работы каждой рабочей полости дозирующего модуля состоит из двух тактов: наполнения из напорных магистралей источника давления (либо потребителя), и опорожнения в напорную магистраль потребителя (либо в бак гидросистемы).

Основным условием объединения дозирующих модулей в систему является наличие конструктивных элементов, обеспечивающих одинаковое (либо заданное) количество циклов работы дозирующих модулей, и стабильность расходных характеристик цикла всех дозирующих модулей.

В модульной дозирующей системе [4], работающей с контурами трех потребителей (рис. 1) каждый из модулей 1, 2, 3 обслуживает контур одного потребителя 4, 5, 6 и состоит из гидроцилиндра дозирования 7, и гидрораспределителя управления 8.

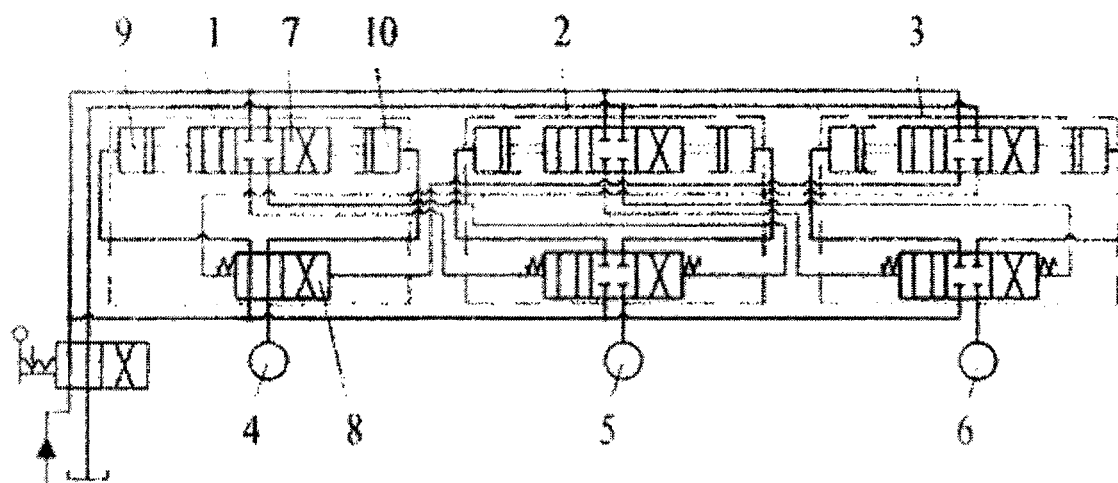


Рисунок 1. Структурная схема модульной дозирующей системы:

1, 2, 3 – модуль дозирования; 4, 5, 6 – потребитель; 7 – гидроцилиндр дозирования; 8 – гидрораспределитель; 9, 10 – торцевая рабочая полость

При работе дозирующей системы в режиме «Деление потока» рабочая жидкость поступает к гидрораспределителям 8 модулей 1, 2, 3. В модульной дозирующей системе жидкость поступает в торцевую рабочую полость 9 модуля 1, а из полости 10 в напорную магистраль потребителя 4. Алгоритм работы модульной дозирующей системы определяет последовательность работы модулей: 1 – 2 – 3 – 1. Далее, последовательно, гидрораспределители 8 модулей 2, 3 выводятся из второй позиции, и рабочая жидкость поступает из полостей 10 в напорные магистрали потребителей 5, 6. По окончании цикла работы всех трех модулей, гидрораспределитель 8 модуля 1 меняет позицию. Рабочая жидкость поступает в полости 10, а из полостей 9, в порядке работы дозирующей системы – в напорные магистрали потребителей 4, 5, 6.

Аналогичный алгоритм работы сохраняется в режиме «Суммирование потоков». Рабочая жидкость из магистралей потребителей 4, 5, 6 последовательно через модули 1, 2, 3 поступает на слив в бак.

Реализация модульных дозирующих систем на основе плунжерных возвратно-поступательных гидромашин обеспечивает: независимость работы контуров потребителей при дискретно синхронном расходе рабочей жидкости по напорным магистралям потребителей; возможность модульного изменения числа контуров потребителей в соответствии с потребностями реализуемого гидропривода; возможность дискретно синхронной подачи рабочей жидкости в напорные магистрали ряда контуров потребителей, и одновременного слива рабочей жидкости из напорных магистралей остальных потребителей, а также возможность выключения контуров потребителей.

Второй вариант предполагает фиксацию времени связи насоса с контурами последовательно всех потребителей. Эта задача решается посредством установки в цепи гидролиний связи насоса с потребителями гидрораспределителя, подключающего насос последовательно в контур каждого потребителя на заданное время. Такой гидрораспределитель может быть решен как роторный с гидравлическим, либо механическим приводом.

Направление создания агрегатов дозирования на основе роторных гидромашин может оказаться перспективным. Это объясняется невысокой сложностью конструкции.

Основной принцип работы делителя потока состоит в том, что полость ротора с рабочей жидкостью, равномерно вращающегося относительно центральной оси, периодически включается на строго определенное время в напорные магистрали потребителей в очередности, заданной алгоритмом работы дозирующей системы. Время подключения определяется соотношением геометрических параметров каналов ротора и статора.

При работе двухпоточного агрегата дозирования [5] (рис. 2) в режиме деления потока, рабочая жидкость через канал 6 корпуса поступает в полости продольных пазов 2 ротора 1, откуда, периодически, через каналы 4, 5 распределительной втулки 3, поступает в магистрали потребителей, подключенные к каналам 7, 8 корпуса.

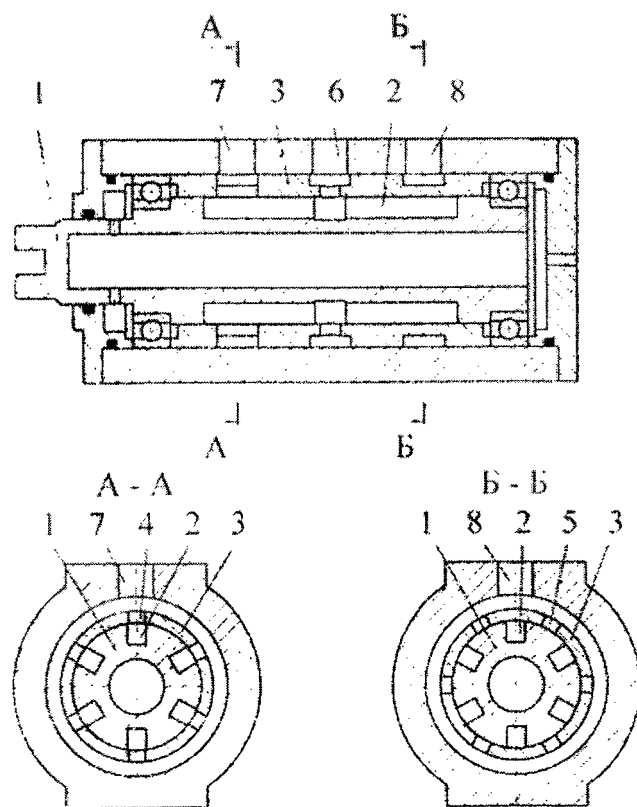


Рисунок 2. Конструктивная схема агрегата дозирования:

1 – ротор, 2 – продольный паз; 3 – распределительная втулка; 4, 5 – канал; 6 – подводящий канал; 7, 8 – отводящий канал

Аналогично, при работе агрегата дозирования в режиме суммирования потоков рабочей жидкости, рабочая жидкость подается периодически через каналы 7, 8 в полости продольных пазов 2, и поступает через канал 6 в магистраль потребителя, либо в бак гидросистемы.

Изменение числа потоков достигается изменением числа групп продольных каналов распределяющей втулки, и каналов подключения контуров потребителей.

Конструктивно агрегат дозирования может быть решен, как отдельный агрегат, устанавливаемый в рациональном, с точки зрения компоновочных решений, месте трансмиссии. Привод ротора может быть осуществлен отдельным двигателем и специальной гидравлической машиной, работающей в режиме гидромотора. Агрегат дозирования может модульно наращиваться.

В основу реализации второго направления – создания многопоточных моноагрегатных насосных установок, могут быть положены решения, предполагающие объединение насосов и агрегатов дозирования в едином агрегате.

Достаточно перспективным может оказаться создание многопоточных шестеренных насосов по предлагаемой модернизированной схеме, оснащенных агрегатом дозирования [6].

Одной из проблем, возникающих при производстве аксиально-поршневых гидромашин, является сложность создания надежного опорно-распределительного узла гидромашины. Перспективной может оказаться конструктивная схема аксиально-поршневой гидромашины с гидрораспределителем, выполненным на основе сопряжения вал – опорно-распределительная втулка [7]. Использование такого гидрораспределителя позволит достигнуть необходимого уровня уплотнения известными технологическими приемами: повышением точности и качества изготовления сопрягаемых поверхностей, по реализации которых для обработки цилиндрических поверхностей накоплен значительный опыт.

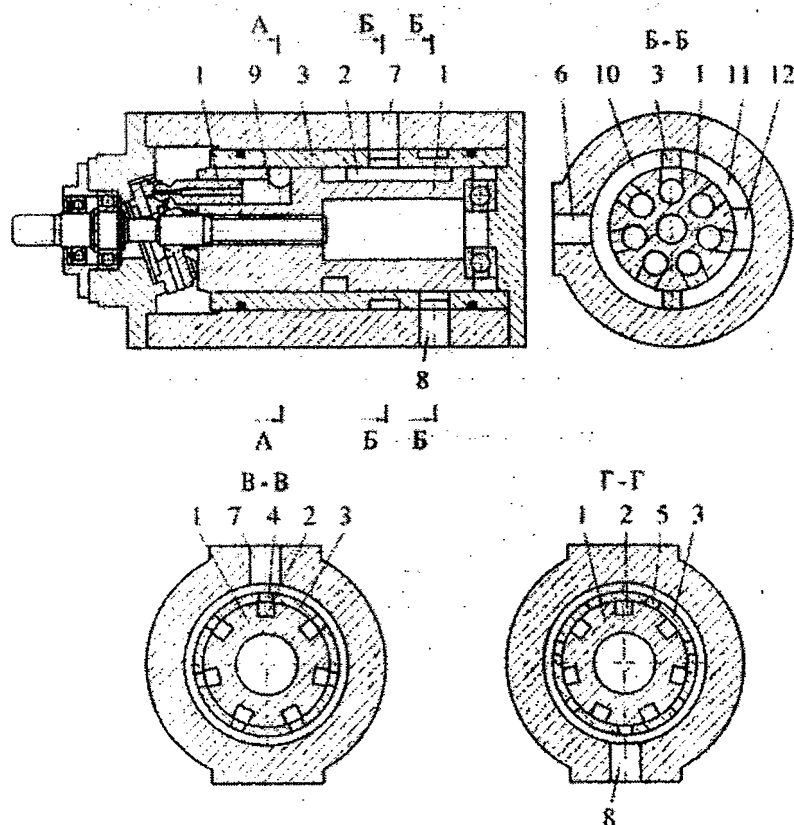


Рисунок 3. Конструктивная схема аксиально-поршневого насоса:

- 1 – ротор, 2 – продольный паз; 3 – опорно-распределительная втулка; 4, 5, 12 – канал; 6 – подводящий канал насоса; 7, 8 – отводящий канал; 9 – рабочая полость цилиндра блока; 10, 11 – полукольцевые пазы

В двухпоточной аксиально-поршневой гидромашине (рис. 3) агрегат дозирования сформирован на наружной поверхности блока цилиндров 1, установленного по наружной образующей поверхности в опорно-распределительной втулке 3, и опирающегося на упорный подшипник качения, установленный на крышке корпуса. При вращении блока цилиндров 1 рабочая жидкость из бака гидросистемы поступает через подводящий канал 6 насоса в полость полукольцевого паза 10, и далее, в рабочие полости 9 цилиндров на такте всасывания. На такте нагнетания рабочая жидкость поступает из полости полукольцевого паза 11 через канал 12 в полости продольных пазов 2 агрегата дозирования, откуда периодически – в отводящие каналы 7, 8 насоса.

При работе агрегата дозирования выделим угол полного цикла θ – угол поворота ротора 1, в течение которого совершается полный цикл подачи рабочей жидкости в контуры потребителей

$$\theta = \frac{2\pi}{f},$$

где f – коэффициент дискретизации.

Коэффициент f определяет степень дискретизации потока рабочей жидкости. Так, например, при $f = 1$ полный цикл подачи рабочей жидкости по контурам всех потребителей совершается за угол поворота ротора 2π , т.е. в напорную магистраль каждого потребителя будет произведена разовая подача рабочей жидкости за один оборот ротора 1. При $f = 6$ (см. рис. 2) полный цикл подачи рабочей жидкости по контурам всех потребителей совершается за угол поворота $\pi/3$ ротора 1.

Время полного цикла работы агрегата дозирования, в течение которого $Q_i(t) = Q_n$ составит:

$$t_i = \frac{2\pi b_i}{\omega_\partial f},$$

где $Q_n = q\omega_n$ – подача рабочей жидкости в агрегат дозирования;

$Q_1, \dots, Q_i, \dots, Q_n$ – подача рабочей жидкости, поступающей в $1, \dots, i, \dots, n$ напорную магистраль;

q – объемная постоянная насоса;

ω_n – частота вращения вала насоса;

$b_i = \beta_i / \theta$, β_i – центральный угол канала 4, либо 5;

ω_∂ – частота вращения ротора агрегата дозирования.

За время t_i в i -ю напорную магистраль поступает объем рабочей жидкости ΔV_i

$$\Delta V_i = Q_n t_i = \frac{2\pi b_i}{\omega_\partial f} Q_n = \frac{2\pi q g b_i}{f}, \quad (1)$$

где $g = \omega_n / \omega_\partial$.

Анализ работы агрегата дозирования, и выражения (1) показывает основную особенность работы агрегата дозирования: цикличность подачи рабочей жидкости в напорные магистрали потребителей. Объем рабочей жидкости ΔV_i , поступающий в i -ю напорную магистраль за цикл пропорционален центральному углу рабочей камеры b_i , обратно пропорционален частоте вращения ротора ω_∂ , и коэффициенту дискретизации f . Изменяя необходимым образом центральные углы каналов 4, 5 можно создать агрегат дозирования, обеспечивающий необходимые параметры подачи рабочей жидкости по напорным магистралям потребителей. При работе насоса с контуром каждого потребителя обеспечивается независимость нагрузочного режима работы данного контура от нагрузочных режимов остальных контуров.

Основным вопросом, требующим решения при создании агрегатов дозирования, реализующих предложенный принцип работы, является цикличность подачи рабочей жидкости по контурам потребителей. Использование дискретных потоков рабочей жидкости для привода гидравлических моторов, созданных для работы с непрерывными потоками, потребует внедрения технических мероприятий по трансформации дискретного потока рабочей жидкости в непрерывный.

Одним, из широко применяемых методов выравнивания неравномерности расхода рабочей жидкости в напорную магистраль, является применение газогидравлического аккумулятора в напорной магистрали потребителя. Анализ работы агрегата дозирования показывает достаточно широкие возможности по уменьшению объем рабочей жидкости ΔV_i за счет увеличения коэффициента f дискретизации потока рабочей жидкости, и частоты вращения ω_0 ротора агрегата дозирования [8]. Приемлемый уровень пульсации давления ($<15\%$) достигается при коэффициенте дискретизации $f = 3 - 6$ и емкости аккумулятора $V_0 = (20 - 30)q$.

Заключение

1. Реализация предложенного принципа дискретизации потока рабочей жидкости насоса позволяет создать агрегаты дозирования объемного типа, обеспечивающие необходимые число потоков и параметры подачи рабочей жидкости по напорным магистралям потребителей.

2. При работе насоса с контуром каждого потребителя обеспечивается независимость нагрузочного режима работы данного контура от нагрузочных режимов остальных контуров.

3. Объем рабочей жидкости, поступающий в напорную магистраль потребителя за цикл обратно пропорционален частоте вращения ротора, и коэффициенту дискретизации.

4. Применение газогидравлического аккумулятора в напорной магистрали потребителя позволяет компенсировать цикличность подачи рабочей жидкости, и обеспечить регламентированный уровень неравномерности давления в напорных магистралях потребителей.

Литература

1. Вавилов, А.В. Многопоточные насосные агрегаты многофункциональных технологических машин / А.В. Вавилов, А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай // Инженер-механик. – 2006. – №4. – С. 10–14.
2. Котлобай, А.Я. О создании гидравлических модульных дозирующих систем приводов машин / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, Д.В. Маров // Вестн. Белорус. нац. техн. ун-та. – 2005. – №2. – С. 14–18.
3. Модульная дозирующая система: пат. 1474 Респ. Беларусь, МПК7 F 15B 11/22 / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай; Д.В. Маров; заявитель Белорусский национальный технический университет. – № и 20030535; заявл. 16.12.03; опубл. 30.09.04 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2004. – № 3. – С. 250.
4. Гусеничная машина: пат. 375 Респ. Беларусь, МПК7 B 60G 17/04 / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай; заявитель Белорусский национальный технический университет. – № и 20010055; заявл. 13.03.01; опубл. 30.12.01 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2001. – № 4. – С. 208.
5. Модульная дозирующая система: пат. 3674 Респ. Беларусь, МПК7 F 15B 11/22 / В.А. Коробкин, А.Я. Котлобай, А.Н. Ивановский, Ю.А. Андрияненко, Б.А. Луцков, А.А. Котлобай; заявитель Республиканское унитарное предприятие «Минский тракторный завод». – № и 20060846; заявл. 13.12.06; опубл. 30.06.07 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 3. – С. 216.
6. Насос шестеренный: пат. 3923 Респ. Беларусь, МПК7 F 15B 11/22 / В.А. Коробкин, А.Я. Котлобай, А.Н. Ивановский, Ю.А. Андрияненко, Б.А. Луцков, А.А. Котлобай; заявитель Республиканское унитарное предприятие «Минский тракторный завод». – № и 20070226;

- заявл. 30.03.07; опубл. 30.10.07 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 5. – С. 206.
7. Аксиально-поршневая гидромашина: пат. 3902 Респ. Беларусь, МПК7 F 15B 11/22 / В.А. Коробкин, А.Я. Котлобай, А.Н. Ивановский, Ю.А. Андрияненко, Б.А. Лупцов, А.А. Котлобай; заявитель Республиканское унитарное предприятие «Минский тракторный завод». – № и 20070163; заявл. 05.03.07; опубл. 30.10.07 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 5. – С. 205.
8. Коробкин, В.А. Обоснование параметров агрегата дозирования гидропривода строительных и дорожных машин / В.А.Коробкин, А.Я.Котлобай, Ю.А.Андрияненко, А.А.Котлобай // Строительная наука и техника. – 2007. – № 4. – С. 51 – 57.
-

УДК 621.762

ВЛИЯНИЕ ИГЛОФРЕЗЕРОВАНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ЗАГОТОВОК ИЗ ЧУГУНОВ

Баршай И.Л., Шелег В.К., Гончаров С.П. (БНТУ, РУП «Минский тракторный завод»)

Повышение конкурентоспособности промышленной продукции, выпускаемой в Республике Беларусь, предопределяет необходимость интенсивного поиска эффективных научно-технических решений по увеличению срока службы машин, механизмов и оборудования за счет разработки и применения высокопроизводительных мало- и безотходных, ресурсосберегающих и экологически чистых технологий.

Качество поверхности в значительной степени определяет эксплуатационные характеристики деталей машин. По данным [1] методы формирования качества поверхности деталей машин составляют 10...20 % общей трудоемкости их изготовления. Приведенные далее в этой работе результаты анализа технологических процессов изготовления деталей машин в различных отраслях машиностроения показали, что такой обработке подвергаются 85...95 % выпускаемых деталей. Обработка проволочным инструментом, в частности, иглофрезой является перспективным методом для формирования качества поверхности деталей.

Формирование топографии и геометрической структуры поверхности при иглофрезеровании осуществляется в режиме микрорезания в зоне взаимодействия режущих элементов с поверхностью заготовки. При иглофрезеровании, кроме уменьшения высоты микронеровностей до Ra 40 мкм, в поверхностном слое формируется наклеп. Степень наклепа иглофрезерованной поверхности достигает 40 % [2]. Варьирование параметров режима иглофрезерования позволяет управлять формированием качества обработанной поверхности детали, а, следовательно, ее эксплуатационными показателями.

Исследовали влияние параметров режима иглофрезерования: скорости резания (v), подачи (S) и натяга (i) в системе «обрабатываемая поверхность - рабочая поверхность иглофрезы» на формирование качества поверхности. Обрабатываемые материалы – чугуны: СЧ15, СЧ25 (ГОСТ 1412-85), ВЧ50 (ГОСТ 7293-85). Из указанных материалов были изготовлены призматические образцы (15x20x10 мм). Применяли иглофрезу диаметром $D = 125$ мм, шириной $B = 20$ мм и плотностью набивки проволочных элементов 80 %. Диаметр единичного проволочного элемента (микрорезца) $d = 0,3$ мм, свободный вылет $l = 20$ мм. Обработку плоских поверхностей образцов иглофрезерованием выполняли на горизонтально-фрезерном станке 6Н82Г.

При изучении топографии поверхности был использован комплекс для микро- и макроанализа поверхности на базе микроскопа МКИ-2М-1 с увеличением до 1200 крат, преобразователя изображения с помощью цифровой камеры «Никон» с разрешением 4,5 миллиона пикселей и последующей передачей изображения на ПЭВМ. Оценку геометрической структуры поверхности осуществляли на основе действующего в настоящее время комплекта междуна-