

*Жумалиев Ж.М.*

**АЙЛАНЫП ИШТӨӨЧҮ ШАР ТҮРҮНДӨГҮ ЭЛЕКТРОДУ БАР ПЛАЗМОТРОНДУН  
ЭЛЕКТРОДУНУН ЖЕШИЛҮҮСҮН 3Ds MAX ПРОГРАММАСЫН КОЛДОНУУ  
АРКЫЛУУ КОМПЬЮТЕРДЕ МОДЕЛДӨӨ**

*Жумалиев Ж.М.*

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗНОСА ЭЛЕКТРОДА  
ПЛАЗМОТРОНА С ВРАЩАЮЩИМСЯ ШАРОВЫМ ЭЛЕКТРОДОМ С  
ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММЫ 3Ds MAX**

*Zh.M. Zhumaliev*

**COMPUTER SIMULATION OF EROSION OF ELECTRODE OF THE PLASMA TORCH  
WITH A SPINNING BALL ELECTRODE BY USING 3Ds MAX PROGRAM**

УДК: 621.791:94.55

Бул жумушта 3Ds MAX программасы менен электроддун иштөө учурунда анын бетинде плазманын ысыктыгынын негизинде калтырылган, чайпалуу жана айлануу камтыган татаал кыймылды түзгөн изинин компьютердик моделдөөсүнүн натыйжасы көрсөтүлгөн. Азыркы учурда колдонулуп жаткан металлдарды кесүүчү плазмотрондор жөнүндө маалымат келтирилген. Жогоруда келтирилген плазмотрондор бир катар кемчиликтерге ээ. Бул демек, электрод материалдары катары кымбат баалуу металлдардын колдонулушу, андан тышкары, плазма жаасын алуу үчүн таңкыс газдардын колдонулушу болуп эсептелет. Бул макалада келтирилген плазмотрон жогоруда айтылып өткөн кемчиликтерден арытылган жана жеткиликтүү иштөө мөөнөтүнө ээ. Буга электроддун иштөө бетинин аянтын көбөйтүү максатында анын татаал циклдик кыймыл аткаруусунун негизинде жетүүгө болот. Компьютердик моделдөөнү колдонуу айланым иштөөчү шар түрүндөгү электроддун бети боюнча жылган жаанын анык траекториясын кымбат баалуу эксперименталдык изилдөөлөрдү жүргүзүүсүз эле алдын ала аныктоого мүмкүнчүлүк берди. Андан сырткары, алдын ала берилүүчү кыймыл параметрлерине көз каранды болгон электроддун жешилүүсүнүн кээ бир закон ченемдүүлүктөрү аныкталды.

**Негизги сөздөр:** плазмотрон, сопло, траектория, планетардык механизм, плазмажаасы.

В данной работе приводятся результаты компьютерного моделирования с помощью программы 3DsMAX работы электродного узла, который показывает визуальное представление теплового следа плазменной дуги на поверхности электрода при сложном движении, включающего качение и вращение электродного узла. Приведена информация о существующих плазмотронах для резки металлов. Вышеуказанные плазмотроны обладают рядом недостатков. Это заключается в том, что в качестве электродных материалов применяются дорогостоящие металлы, а также дефицитные газы для получения плазменной дуги. Описанный в данной статье плазмотрон не имеет вышеуказанных недостатков и обладает достаточным ресурсом работы. Это достигается за счёт совершения электродного узла сложного циклического движения с целью увеличения площади рабочей поверхности. Применение компьютерного моделирования позволило предварительно определить истинную траекторию движения дуги по поверхности шарового вращающегося электрода без проведения дорогостоящих экспери-

ментальных исследований. Кроме этого, выявлены определённые закономерности износа электродного узла плазмотрона, зависящие от задаваемых параметров движения.

**Ключевые слова:** плазмотрон, сопло, траектория, планетарный механизм, плазменная дуга.

This paper describes the results of computer simulation of working of the electrode by using a 3Ds MAX program, which displays a visual representation of heat trace of plasma arc on the surface of electrode when it contains compound movement, which includes spinning and floating. Here shows information about existing plasma torches for cutting metals. Aforementioned plasma torch has a series of shortcomings. That is a using expensive metal as electrode materials, as well as scarce gas to forming a plasma arc. The plasma torch, described in this paper has not aforementioned shortcomings and has sufficient duration of its lifetime. It achieves on account of cyclic compound movement of the electrode unit with a view of enlarging a working space. Using a computer simulation allowed previously determine a true trajectory of moving of the plasma arc on the surface of spinning ball electrode without carrying out an expensive experimental tests. Besides that, revealed certain consistent patterns of erosion of electrode unit of the plasma torch, which depends on adjusted parameters of motion.

**Key words:** plasma torch, nozzle, trajectory, planetary mechanism, plasma arc.

В настоящее время в машиностроительном производстве, наряду с другими видами разделительной резки металлов, плазменная резка является актуальным направлением.

Преимуществом плазменной резки металлов является то, что нет необходимости применения дополнительных расходных материалов в качестве инструментов, а также благодаря высокой температуры плазменной дуги, есть возможность резки с достаточно высокой скоростью практически все металлические материалы, в том числе цветные и тугоплавкие металлы, при этом обеспечивая требуемое качество разрезаемой поверхности металла.

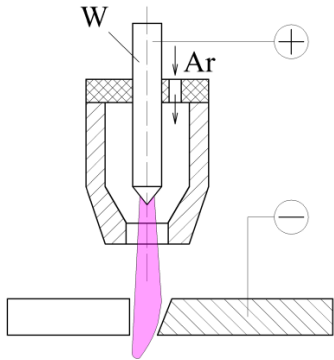
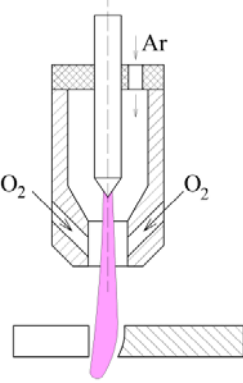
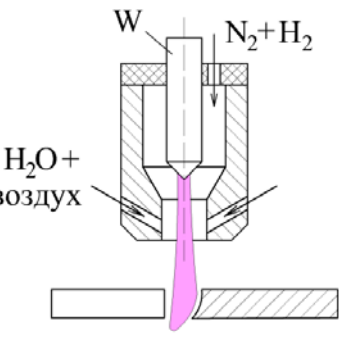
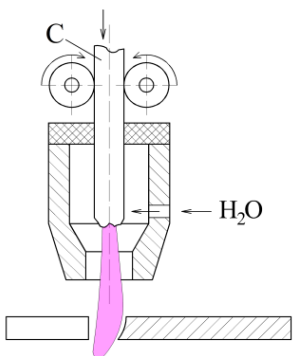
Главным узлом оборудования для плазменной резки металлов является плазмотрон, который генерирует плазменную дугу температурой свыше 10000 градусов С°.

В настоящее время были разработаны различные виды плазмотронов, в том числе плазмотрон ВПР-9, который работает от источника питания АПР-404 и применяется в промышленности.

Основным недостатком всех этих плазмотронов является то, что в качестве вставок для катодов

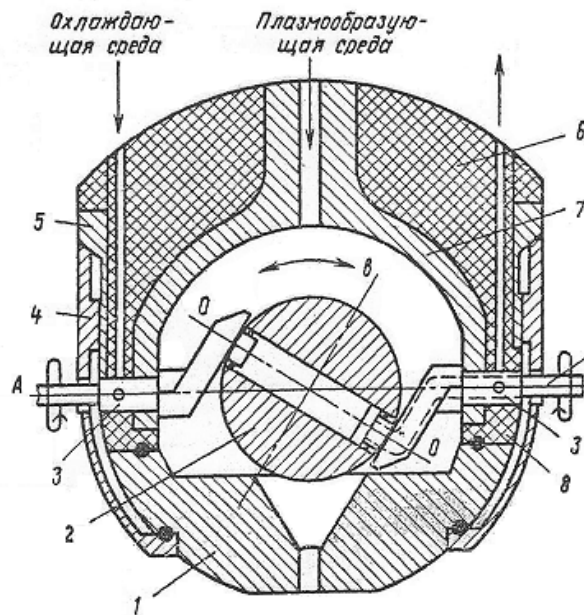
являются сплавы дефицитных металлов, как HfC (температура плавления составляет 3960 С°), ZrC (температура плавления составляет 3532 С°), а также в качестве плазмообразующих газов применяются дефицитные газы как Ar, He, N<sub>2</sub> и другие (табл. 1).

Таблица 1 - Существующие виды плазмотронов для резки металлов

№	Вид плазмотрона	Преимущества	Недостатки
1		Высокая стабильность процесса	Высокая стоимость инертных газов. Износ электрода, низкая скорость резки
2		Возможность повышения скорости резки	Усложнение оборудования и технологий, необходимость наличия баллонного хозяйства. Увеличение затрат
3		Повышение концентрации энергии, уменьшение зоны термического влияния.	Сложность оборудования и технологий. Снижение стабильности зажигания дуги, дефицитность N <sub>2</sub> и H <sub>2</sub> , взрывоопасность H <sub>2</sub>
4		Повышение температуры дуги, уменьшение ширины реза. Улучшение санитарных условий	Низкая стабильность зажигания и горения дуги, большой расход графитового электрода. Сложность оборудования.

5		<p>Компактность и простота конструкции</p>	<p>Материал вставки Zr, Hf, порошки тугоплавких металлов. Дефицитность материала вставки и её разрушения при повторных включениях</p>
6		<p>Повышение мощности, отсутствие потребности в дорогостоящих металлах, неограниченное число включений</p>	<p>Невозможность зажигания дуги от серийно выпускаемых источников питания. Рост напряжения дуги и длины дуги, необходимость принятия мер по электробезопасности</p>
7		<p>Отсутствие электрода, возможность одновременной резки двух заготовок</p>	<p>Неудовлетворительное зажигание и стабилизация дуги, невозможность резки в труднодоступных местах.</p>

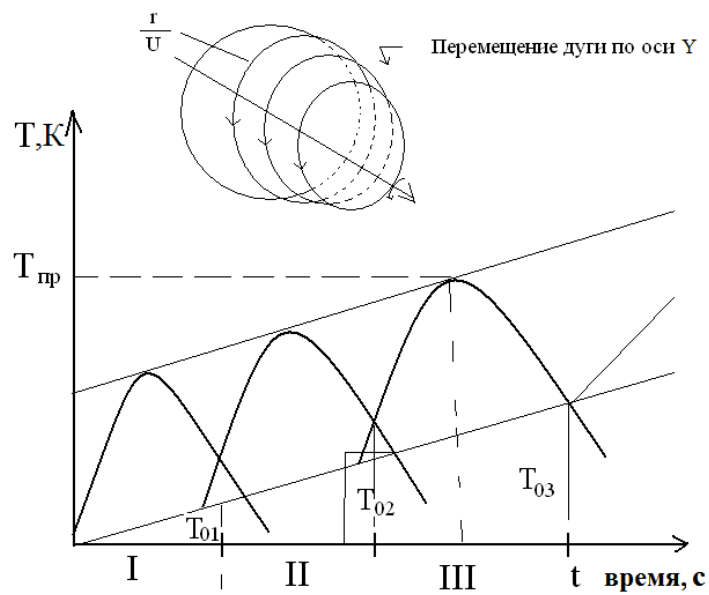
В данной статье рассматривается процесс усовершенствования плазмотрона [3] свращающимся медным электродом и лишённый вышеуказанных недостатков (рис. 1).



А. С. 1307692

1 – сопло, 2 – электрод, 3 – кривошип, 4 - накидная гайка, 5 – корпус, 6 – втулка, 7 – токоподвод, 8 – кольцо, 9 – гибкий вал.

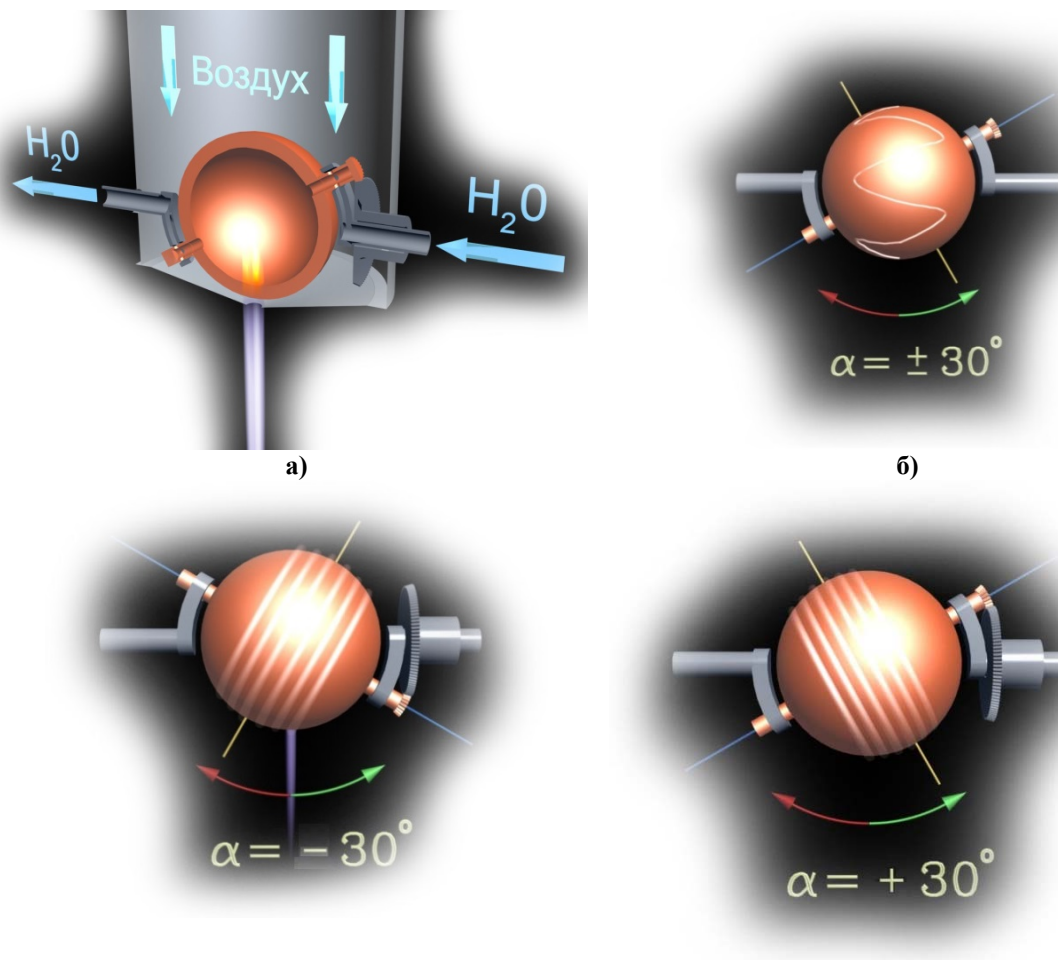
**Рисунок 1.** Плазмотрон с вращающимся шаровым электродом с возможностью изменения траектории опорного пятна дуги на новые рабочие поверхности электрода.



**Рисунок 2.** Изменение температуры поверхности электрода после каждого оборота.

В работе [1] путём математического моделирования и экспериментального исследования были установлены оптимальные числа оборотов вращения электрода плазмотрона (которые составляют 50-70 об/мин) что обеспечивает повышения ресурса работы электрода плазмотрона. Данный плазмотрон работает от промышленного источника питания АПР-404 и был внедрён в производство.

Целью нашей работы является то, что путём компьютерного моделирования с применением программы 3Ds MAX 2010, показать принцип работы плазмотрона с вращающимся шаровым медным электродом и введение дополнительного узла на базе планетарного механизма с зубчатыми колёсами с целью усовершенствования узла качения данного плазмотрона.



**в)**  
 а) аксонометрический разрез плазмотрона, б) траектория теплового следа при  $\omega_{\text{шар.}} < \omega_{\text{кол.}}$ ,  
 в) траектория теплового следа при  $\omega_{\text{шар.}} > \omega_{\text{кол.}}$ .  
 Вид при начальном положении коленчатого вала (слева) и при его повороте на  $180^\circ$  справа.

**Рисунок 3.** Компьютерная модель плазмотрона с вращающимся шаровым электродом с применением планетарного механизма.

В ходе компьютерного моделирования были выявлены две различные траектории следа нагрева вокруг шарового электрода, образуемые точкой концентрации плазмы. Одна из траекторий представляет собой непрерывную возвратно-поступательную спираль вокруг оси шарового электрода (при  $\omega_{\text{шар.}} > \omega_{\text{кол.}}$ ). Другая же траектория представляет собой волнистую линию, описывающую поверхность шара вокруг его оси (при  $\omega_{\text{шар.}} < \omega_{\text{кол.}}$ ). Здесь,  $\omega_{\text{шар.}}$  – угловая скорость шарового электрода,  $\omega_{\text{кол.}}$  – угловая скорость коленчатого вала. Выбор желаемой траектории и её параметров зависит от взаимного отно-

шения числа оборотов ведущего и ведомого зубчатых колёс. Но есть несимметричность результатов связанных с изменением траектории. В случае с получением спиралевидной траектории, в конструкции можно обойтись лишь одним ведущим и одним ведомым колесом, а во втором случае, для обеспечения такого же размаха качения (или угла оси качения шара) требуется применить два или более каскада, потому что при перемене места зубчатых колёс (диаметры которых различны) ведомое колесо требует удвоения диаметра, тем самым доводя свою крайнюю (периферийную) часть в область концен-

трации плазмы, что вовсе исключает возможность применения данного механизма. А два и более каскада позволяют уменьшить диаметры зубчатых колёс не влияя на другие параметры. В общем, планетарный механизм является реверсивным либо мультипликатором, в зависимости от вышерассмотренных случаев.

Как нам известно, что медь является широко распространённым металлом, обладающим высокими электро- и теплопроводностью. В качестве плазмообразующего газа для резки металлов здесь применяется недефицитный газ – воздух. Шаровая поверхность при вращении, а также качении при интенсивном охлаждении обеспечивает достаточный ресурс работы (более 20 часов) электрода благодаря увеличению рабочей поверхности электрода.

**Выводы:** Полученные результаты компьютерного моделирования позволяют продолжению дальнейшего теоретического и экспериментального исследования износа вращающегося шарового

электрода при применении данного способа вращения. Данный способ позволяет упростить механизм вращения электрода и способствует получению взаимного согласованного действия вращательного и качательного движения. Это в свою очередь позволяет более точно определять механизм износа электрода, что влияет на повышение ресурса работы электрода плазмотрона.

**Литература:**

1. Жумалиев Ж.М. Расчет теплового режима электрода режущего плазмотрона. Известия КГТУ им. И.Раззакова 15/2009 - с.116 – 119.
2. Кабаева Г.Д., Жумалиев Ж.М. Использование компьютерных технологий при использовании процессов плазменной резки металлов. Известия КГТУ им. И.Раззакова 15/2009 - с.116–120.
3. Кыдыралиев С.К., Жумалиев Ж.М. А.С. СССР, Плазмотрон № 1307692, 1987– д.с.п.

**Рецензент: к.т.н., доцент Самсалиев А.А.**