

Проектирование новой системы газодинамической стабилизации металлорежущего плазмотрона

И.Ю. Матушкина

Ст. преп. кафедры
«Технологии сварочного
производства»
ФГАОУ ВО УрФУ

С.В. Анахов

ФГАОУ ВО РГППУ
Зав. каф. мат. и естеств. дисциплин
К.ф.-м.н.
Зам. ген. директора ООО НПО «Полигон»
Директор ООО «Техноплазма»

Ю.А. Пыкин

ФГАОУ ВО УГЛТУ,
Профессор каф. ФХТЗБ
Д.т.н.
Ген. директор ООО НПО «Полигон»



ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

1. ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИЯХ ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ

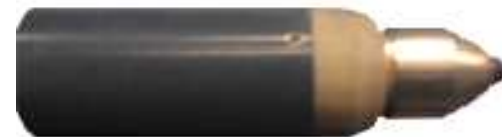
Германия - Kjellberg (FineFocus, A-S, CutFire и CUTi) ABICOR BINZEL, TBI..., **Швеция** – ESAB (POWERCUT®1600 с горелками PT-26,31 и 38) и SPT Plasmatechnik AB ..., **Испания** – Motocono (Minicut H и V) **Италия** – Cebora (Power Plasma, Plasma Sound и Plasma Prof), SELCO ,Trafimet ... **США** - Hypertherm (Powermax, HySpeed и MAX) Thermal Dynamics, Lincoln Electric ... **Канада** - FAST CUT CNC, **Китай** -Tianjin Coorig Technology Co. Ltd ..., **Япония** -Koike Aronson. **Россия** - НПО «Полигон» (ПМВР, ПМВР-М, РПВ), ПУРМ, Мультиплаз, ПКФ «Кристалл» «Плазматех-комплект» (ВПР-210, 410 и 450Р), ООО «КСТ-Авиа»,«Спектр-Плюс» ЗТМ (РПВ-401). **Украина** – ОЗЭО и НПП «Плазмотрон» **Армения** – ЗВЭО (ПВР-402У4...)

Плазмтроны российских производителей – модификация разработок 90-х гг. XX века, уступающие зарубежным аналогам по производительности, качеству и эффективности реза.

Появление в 2005-2010 гг. технологии «точной» или «сжатой» плазмы: HiFocus(Kjellberg), EASYTHERM (Messer Greisheim) – Германия, HyPerformance (Hypertherm) – США
Российских аналогов на рынке нет!

2. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СВАРКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ БЕЗ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Применение плазмтронов с новыми системами стабилизации дугового разряда позволяет минимизировать размер зоны термического влияния за счет существенного снижения тепловложения в зону резки, повышения скорости и качества резки под сварку.



PB-S 4 5W (Kjellberg)



ПМВР-М



ВПР-410



ПВР-402М



HyPerformance HPR400XD
(Hypertherm)

ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПЛАЗМОТРОНОВ ДЛЯ РЕЗКИ

Расчетная модель плазмотрона в EFD.lab SolidWorks

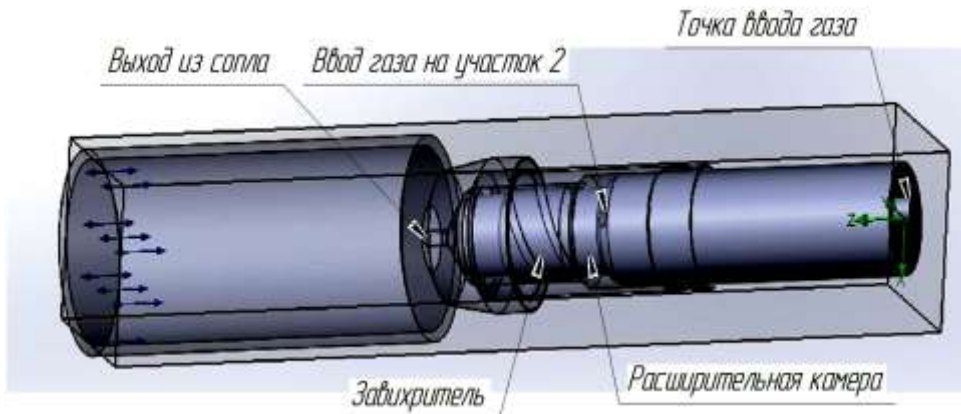
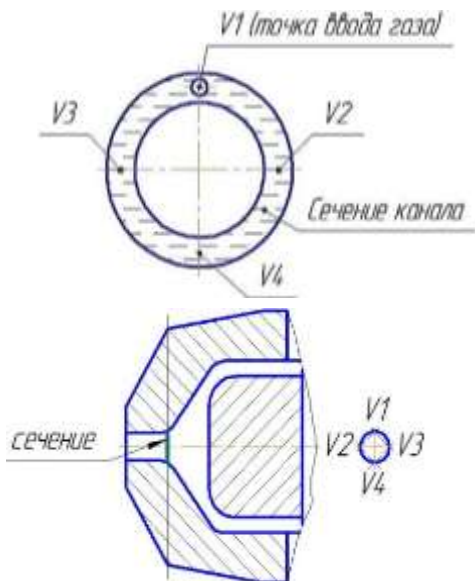


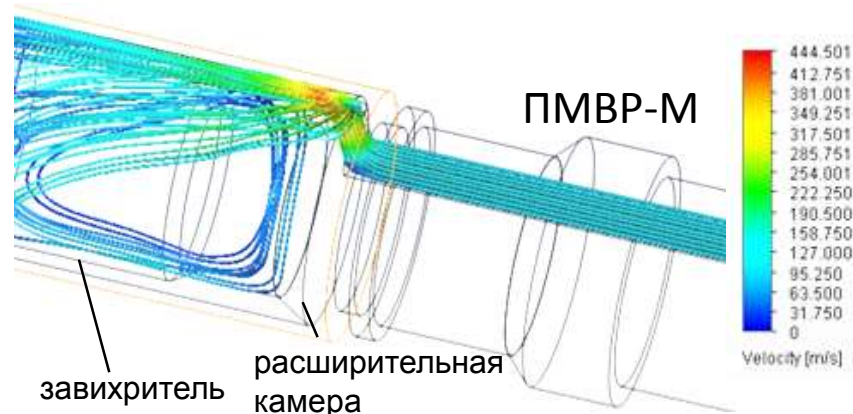
Схема определения равномерности распределения скорости потока ПОГ



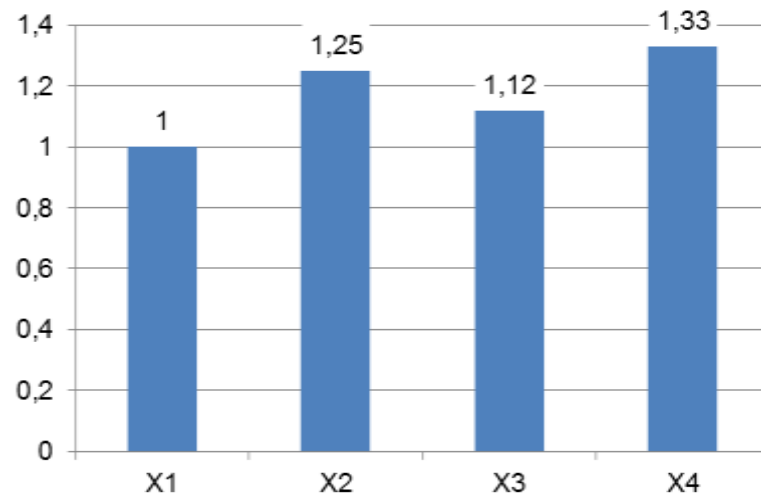
в расширительной камере

в сопловом узле

Неравномерность распределения потока по сечению ГВТ



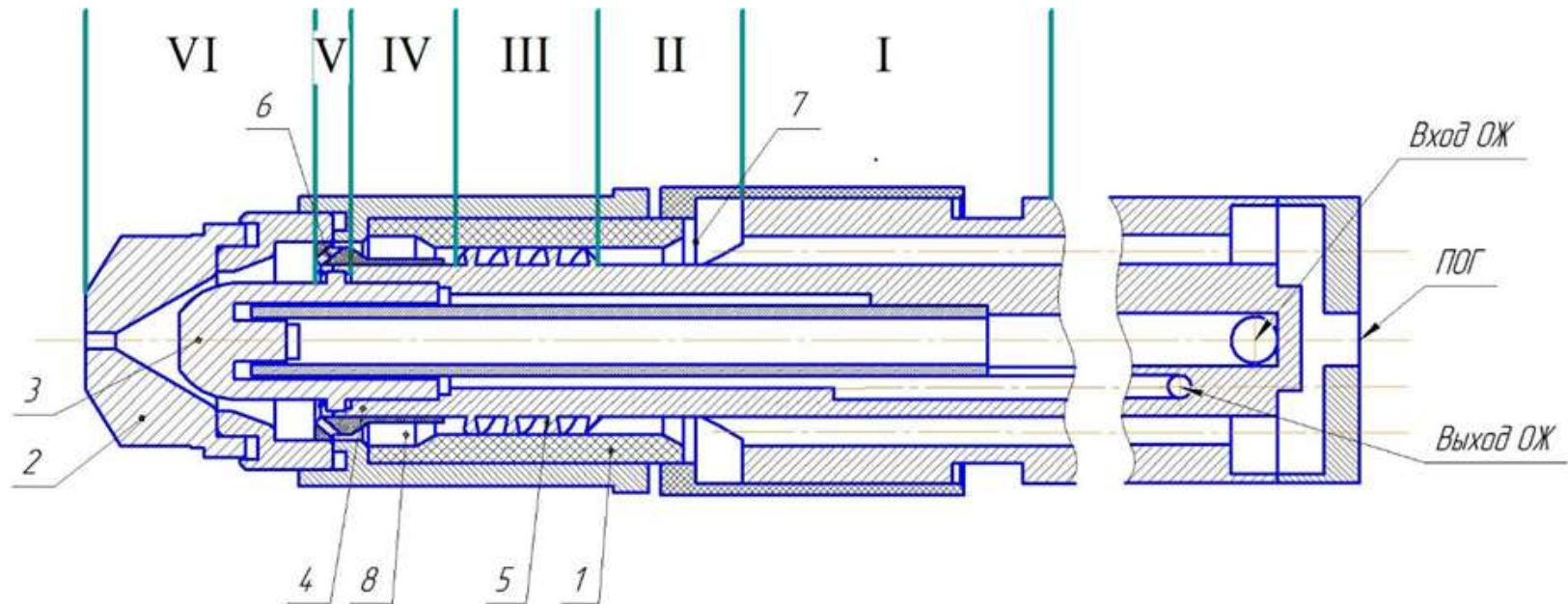
Коэффициент неравномерности распределения потока ПОГ



$X_i = V_i / V_1 =$ от 1.11 до 1.33 (ПМВР-М)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАЗМОТРОНА С НОВОЙ СИСТЕМОЙ ГДС

Новая система газодинамической стабилизации (ГДС) с симметричной подачей газа в систему ГДС, а также использованием 2-х завихрителей (предварительного и основного) и 2-х участков выравнивания потока ПОГ



Конструктивная схема плазмотрона.

Элементы схемы: 1 – изолятор, 2 – сопло, 3 – катод, 4 – контур системы охлаждения, 5 – предварительный (формирующий) завихритель, 6 – основной (стабилизирующий) завихритель, 7 – 1-я расширительная камера (камера смешения), 8 – 2-я расширительная камера (камера стабилизации).

Участки ГВТ: I – подача ПОГ, II – предварительное выравнивание потока, III – предварительное завихрение, IV – основное выравнивание потока, V – основное завихрение, VI – сопловой узел.
ОЖ-охлаждающая жидкость, ПОГ – плазмообразующий газ.

ОПТИМИЗАЦИЯ УЧАСТКА ПЕРВИЧНОГО ВЫРАВНИВАНИЯ СКОРОСТИ ПОТОКА (II)

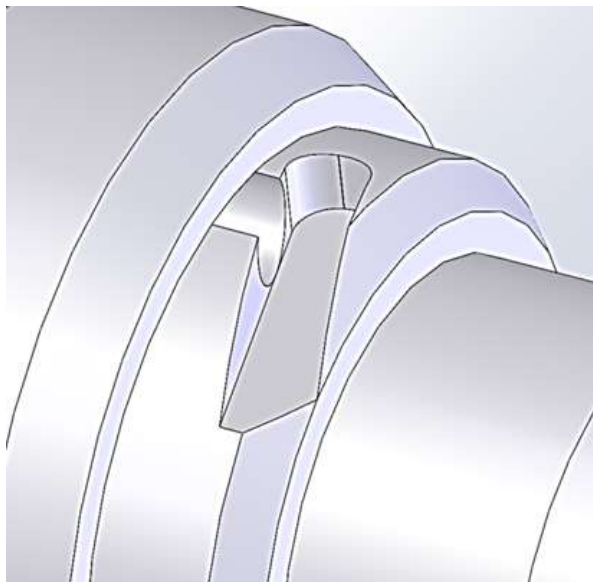
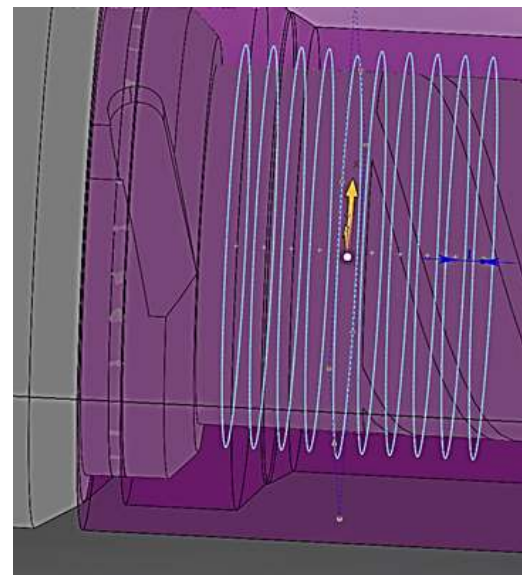


Схема подачи газа на участок первичного выравнивания скорости потока (II)



Распределение ПОГ и расчет скорости на участке первичного выравнивания скорости потока (II)

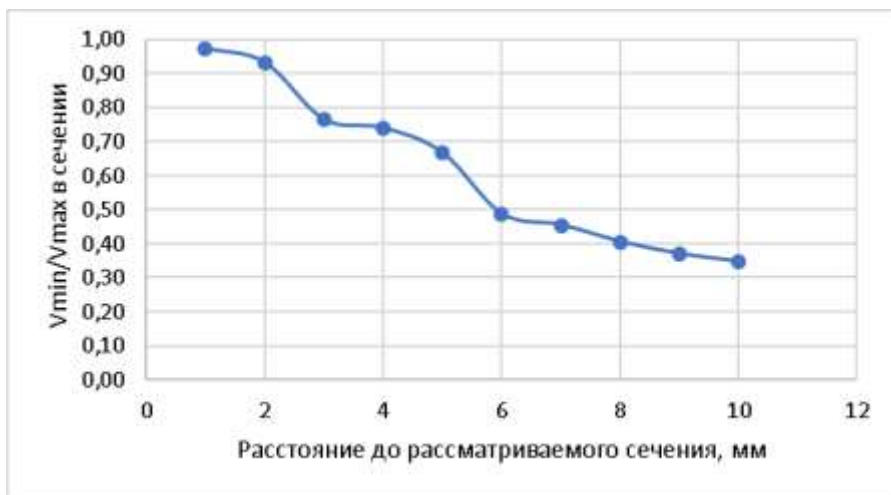


График изменения отношения вариации скорости потока при удалении от точки ввода на участке первичного выравнивания скорости потока

Начиная с 6 мм от точки ввода процесс выравнивания замедляется, поэтому, с позиции уменьшения материалоемкости плазматрона, целесообразно разместить предварительный завихритель на расстоянии от 6 до 8 мм от точки ввода

ОПТИМИЗАЦИЯ УЧАСТКА ОСНОВНОГО ВЫРАВНИВАНИЯ СКОРОСТИ ПОТОКА (IV)

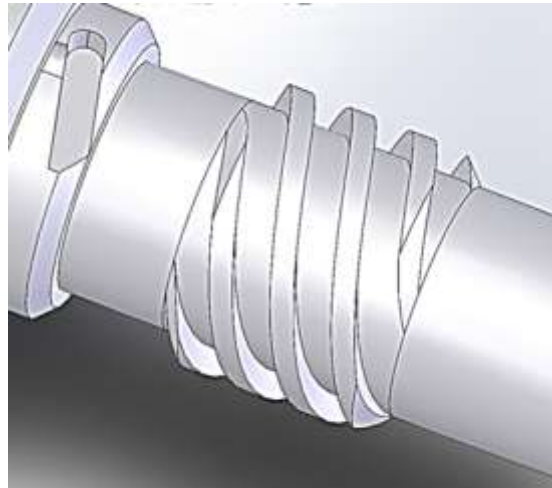
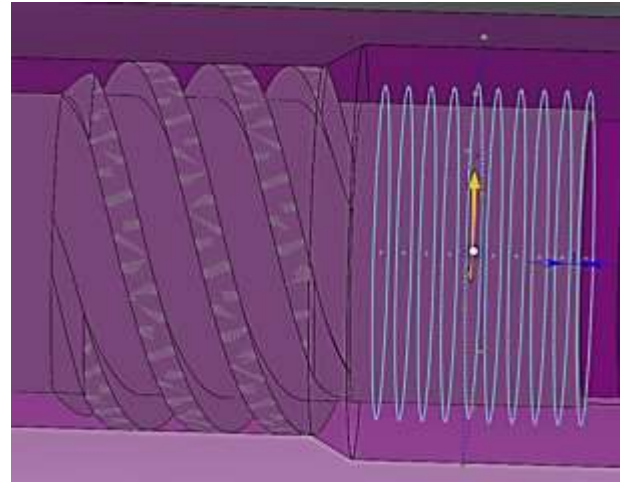


Схема подачи газа на участок основного выравнивания скорости потока (IV)



Распределение ПОГ и расчет скорости на участке основного выравнивания скорости потока (IV)

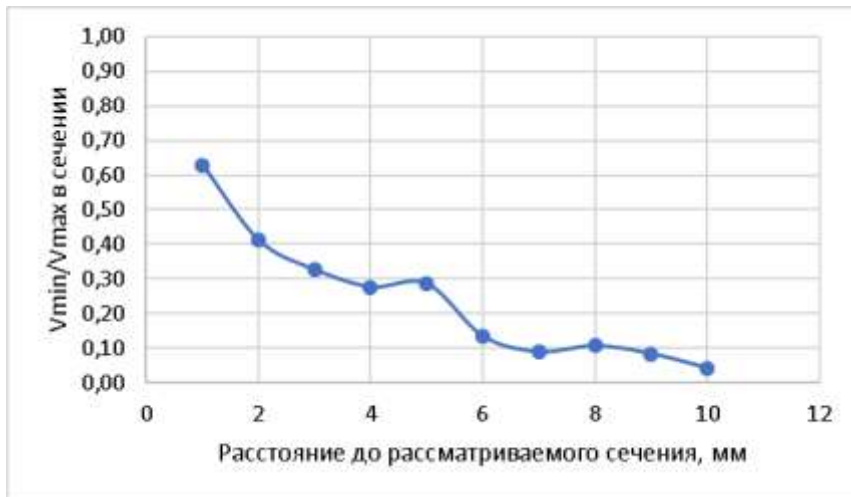


График изменения отношения вариации скорости потока при удалении от точки ввода на участке основного выравнивания скорости потока

Начиная с расстояния 7-8 мм от точки ввода значение, характеризующее степень выравнивания скорости потока по сечению, снижается ниже 10 %, поэтому с позиции уменьшения материалоемкости плазмотрона, целесообразно разместить основной завихритель на расстоянии 8-12 мм от выхода предварительного завихрителя.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОСНОВНОГО ЗАВИХРИТЕЛЯ

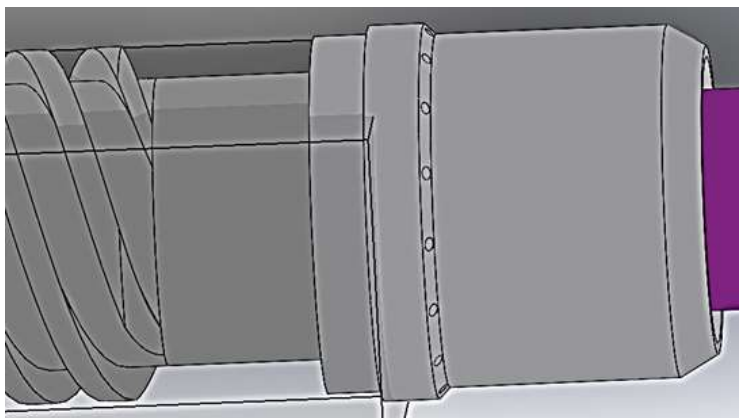
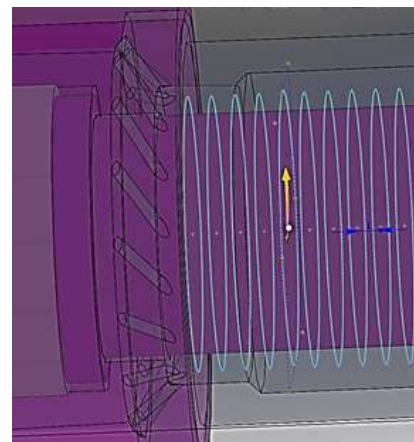


Схема подачи газа из основного завихрителя в сопловой узел (участки V и VI)



Распределение ПОГ и расчет скорости на участке подачи газа из основного завихрителя в сопловой узел (участки V и VI)

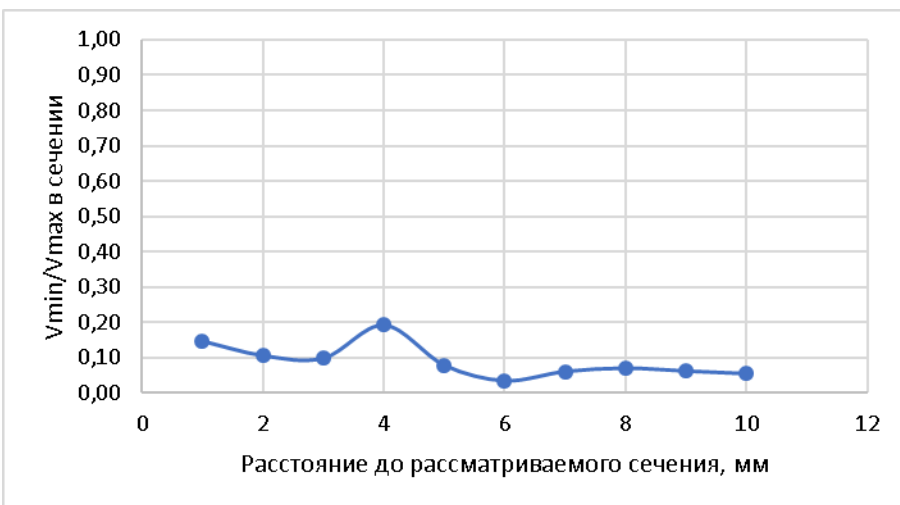


График изменения отношения вариации скорости потока при удалении от точки ввода на участке подачи газа из основного завихрителя в сопловой узел

На данном участке также **наблюдается устойчивая тенденция выравнивания потока ПОГ с высокой степенью эффективности**. При этом начиная с 5 мм от точки ввода значение, характеризующее степень выравнивания скорости потока по сечению, снижается ниже 6-7%. С учетом того, что на расстоянии 6-7 мм от выхода отверстий завихрителя расположен торец катода, можно сделать вывод об обеспечении надежной стабилизации дуги на поверхности электрода.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОВИХРЕВОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ

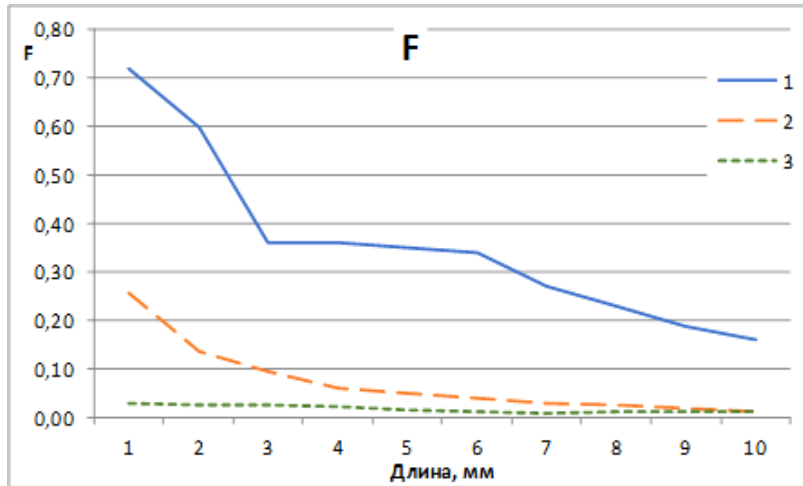


График изменения коэффициента вариации скорости F при удалении от точки ввода газа (1 – на участке II, 2 – на участке IV, 3 – на участках V и VI)

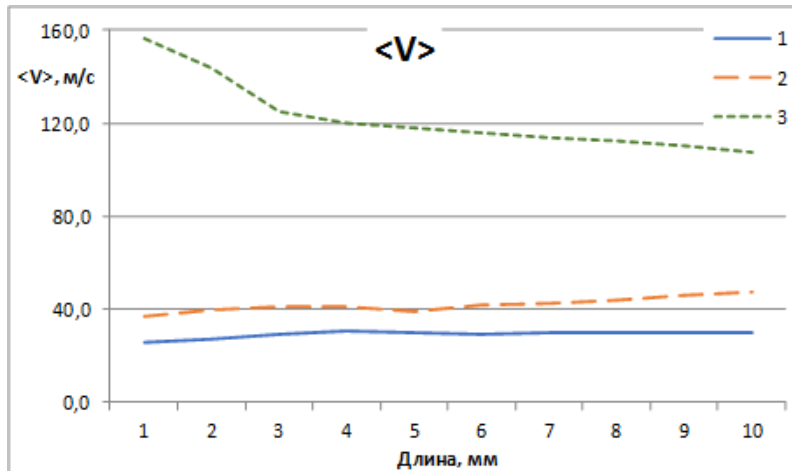


График изменения средней скорости $\langle V \rangle$ ПОГ при удалении от точки ввода газа (1 – на участке II, 2 – на участке IV, 3 – на участках V и VI)

Критерии оценки степени равномерности распределения скорости потока V :

1. Размах вариации $R = V_{\max} - V_{\min}$,

2. Отношение вариации $L = V_{\max} / V_{\min}$,

3. Среднее линейное отклонение (СЛО):

$$a = \sum_{i=1}^n |V_i - \bar{V}| / n,$$

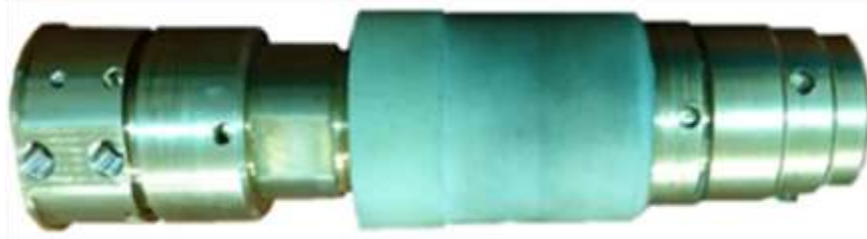
4. Среднее квадратическое отклонение (СКО):

$$s = \sqrt{\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2 / n},$$

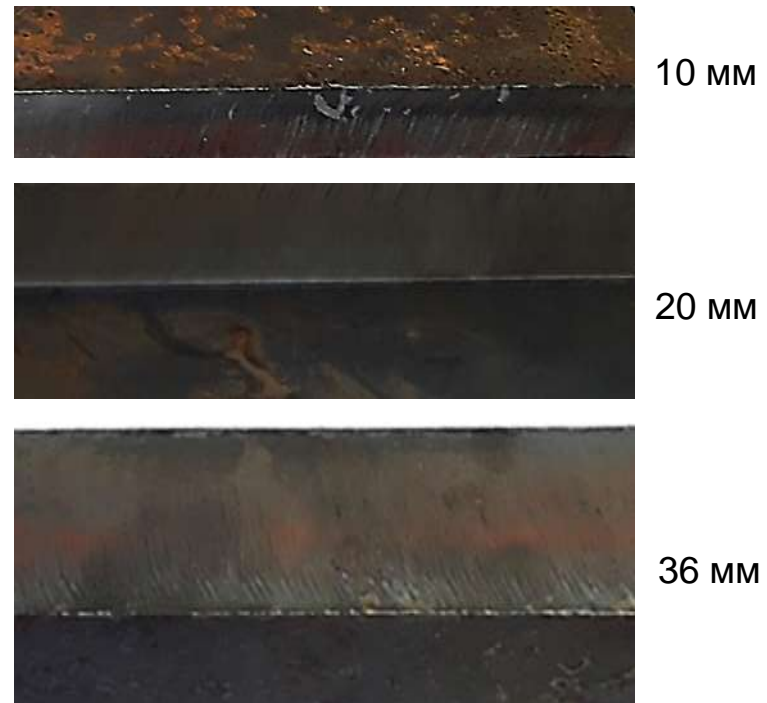
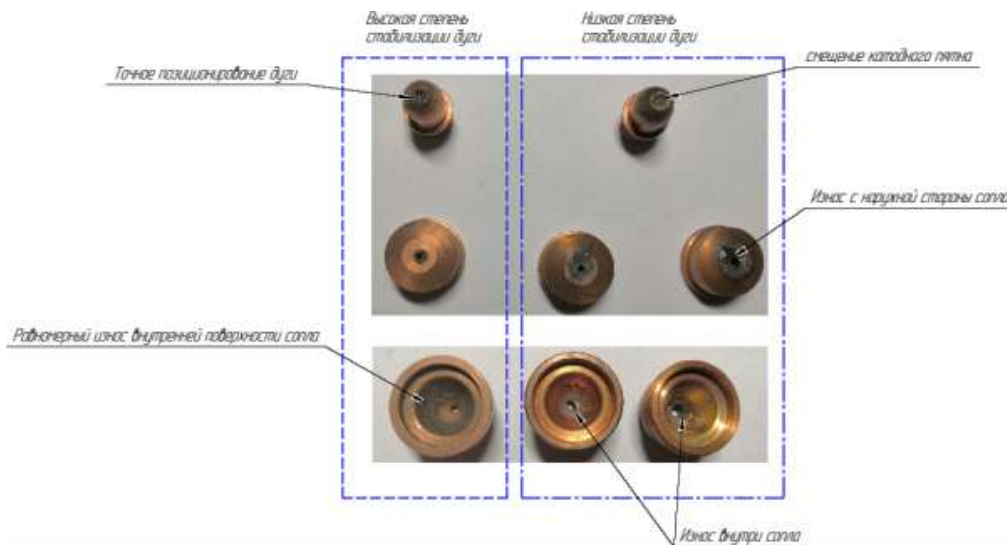
5. Коэффициент вариации $F = s / \bar{V}$.

Анализ представленных данных свидетельствует об эффективности разработанной системы ГДС, обеспечивающей повышение равномерности распределения скорости примерно в 70 раз (от начальной до конечной точек расчетной части ГВТ). При этом рассматриваемая конструкция выполняет функцию организации газодинамического потока ПОГ, обеспечивая повышение средней скорости газа $\langle V \rangle$ от 25-30 м/с на 1-м этапе, до 100-110 м/с на этапе ввода газа на участок его нагрева плазменной дугой с последующим обжатием и ускорением в сопловом узле плазмотрона.

ИСПЫТАНИЯ ОПЫТНОЙ МОДЕЛИ ПЛАЗМОТРОНА ПМВР-5.3



Опытная модель однопоточного плазмотрона ПМВР-5.3 с новой системой газодинамической стабилизации для прецизионной резки металлов малых и средних толщин на токах до 200 А с повышенными показателями качества реза, производительности и надежности



Анализ износа рабочих поверхностей комплектов сопло-катод при работе (200 включений на токе 120 А, длина реза – 120 м): а – плазмотрона ПМВР-5.3 с модернизированной системой ГДС, б – плазмотрона с базовой системой ГДС (ПМВР-М).

Качество плазменной резки плазмотроном ПМВР-5.3 (сталь Ст30Пс)

ВЫВОДЫ

- Представленные в данной работе результаты теоретического и экспериментального анализа свидетельствуют о возможности успешного решения проблемы повышения эффективности работы металлорежущих плазмотронов
- Улучшение эффективности достигается за счет повышения степени равномерности распределения газодинамических параметров потока плазмообразующего газа
- Данный эффект реализуется за счет внедрения оптимизированных конструктивных решений на отдельных участках газо-воздушного тракта системы газо-динамической стабилизации плазмотронов.
- Достигнутый эффект подтверждается повышением показателей надежности (меньшего износа системы катод-сопло), производительности (роста скорости реза) и качества (меньшей степени шероховатости поверхности реза)
- Результаты проектирования реализованы в плазмотроне ПМВР с новой системой газодинамической стабилизации (ГДС), использующей симметричную подачу газа в систему ГДС, а также 2 завихрителя (предварительного и основного) и 2 участка выравнивания потока ПОГ – расширительные камеры (смещения и стабилизации).

**СПАСИБО
ЗА
ВНИМАНИЕ!**