

дуги будет под действием магнитного поля соленооида ускоряться в тангенциальном направлении и втягиваться в его магнитную плоскость. При несоблюдении же этого правила радиальная привязка выбрасывается из-под соленооида и тормозится в азимутальном направлении. Последнее способствует увеличению эрозии электродов, что недопустимо.

Плазмотроны с вихревой и с магнитно-вихревой стабилизациями дуг имеют идентичные проточные части [2] и внешне различаются лишь присутствием или отсутствием соленоидов на электродах (рис. 2, *a*, *b*).

В вихревом плазмотроне привязка дуги в торцевом трубчатом электроде осуществляется в месте встречи циркуляционных течений [3]. Она вращается газовым потоком в этом сечении, условно называемом аэродинамической плоскостью А–А (см. рис. 2, *a*). Эрозирующее действие дугового пятна приводит к выработке круговой канавки небольшой ширины. Ресурс работы такого электрода, если не принято специальных мер, не превышает нескольких десятков часов [1].

В плазмотронах второй схемы (см. рис. 2, *b*), поведение дуговой привязки сильно отличается. В этом случае ток дуги начинает взаимодействовать с магнитным полем соленооида.

Пусть магнитная плоскость М–М соленооида не совпадает с аэродинамической плоскостью А–А (именно этот случай и представляет интерес). Если бы форма дуговой привязки (см. рис. 2, *b*) оставалась неизменной во времени, то под действием осевой составляющей пондеромоторной силы $F_z = I_\tau B_r \cdot \Delta l$ привязка дуги стала бы отклоняться в сторону магнитной линзы до тех пор, пока эта сила F_z не оказалась бы уравновешенной противоположно направленной аэродинамической силой $F_a = Cd\rho \frac{V^2}{2} \Delta l$.

В уравновешенном состоянии осевое перемещение прекращается и привязка дуги вращается в промежуточном сечении, находящемся где-то между аэродинамической и магнитной плоскостями. Вращение дуговой привязки происходит под действием газового вихря и тангенциальной составляющей пондеромоторной силы $F_\tau = I_r \times B_z \cdot \Delta l$.

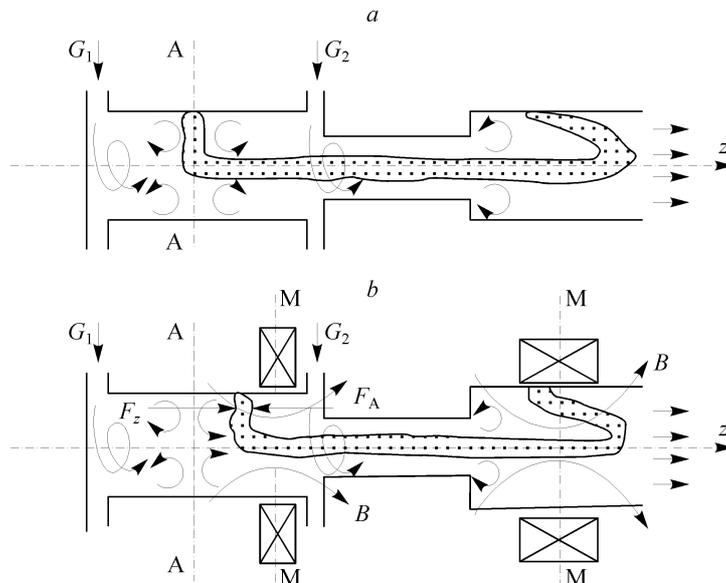


Рис. 2. Схемы двухкамерных плазмотронов с трубчатыми электродами с вихревой (*a*) и с магнитно-вихревой (*b*) стабилизациями дуг.

В действительности такого равновесного состояния достигнуть практически невозможно. Объясняется это тем, что из-за непрерывно происходящего процесса шунтирования между стенкой (см. рис. 1) трубчатого электрода и радиальной привязкой дуги величина тангенциальной составляющей силы тока $I_{\tau} = I \cos \alpha$ все время меняется, разрушая только что наметившееся положение равновесия. Это и понятно, ведь $\cos \alpha$ все время меняется от 0 до 1, вызывая изменение и силы F_z . Поэтому продольное возвратно-поступательное перемещение пятна дуги осуществляется практически непрерывно. Происходит это автоматически, отсюда и название процесса — автосканирование.

Осевое положение привязки электрической дуги (см. рис. 2, *b*) определяется балансом аэродинамической и пондеромоторной сил. Поскольку $F_z = Var$ и меняется от 0 до $F_m \gg F_a$, то естественно, что когда $F_z > F_a$, привязка движется вправо в направлении к магнитной плоскости, а когда $F_z < F_a$ — влево, т. е. к аэродинамической плоскости. При этом дуговое пятно сканирует рабочую поверхность электрода, находясь между аэродинамической и магнитной плоскостями. Этот процесс является разновидностью аэромагнитного сканирования, рассмотренного в работе [1], и происходит он без всякого управления током соленоида, т. е. очень просто реализуется на практике.

Все сказанное выше относится к торцевому трубчатому электроду. Что касается выходного электрода, то при наличии в нем уступа также имеет место процесс сканирования, но только благодаря процессу мелкомасштабного шунтирования [3]. Роль соленоида здесь сводится к интенсификации азимутального движения дугового пятна. Это полезное влияние, т. к. приводит к снижению эрозии выходного электрода за счет увеличения V_{φ} . При отсутствии уступа и особенно при повышенном давлении расположение сечения привязки дуги определяется координатой соленоида. В этом случае сканирование дуговым пятном трубчатого выходного электрода целесообразно осуществлять магнитно-механическим, или любым из магнитных, способом сканирования [1].

ВЫВОДЫ

Автосканирование отличается от рассмотренного в [1] аэромагнитного сканирования отсутствием внешнего регулирования тока в обмотке соленоида. Это обстоятельство упрощает электрическую схему питания соленоида, делая его более надежным при сохранении процесса сканирования столь же эффективным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлов Б.И. Сканирование дуговым пятном трубчатых электродов в газовыхревых плазматронах // Теплофизика и аэромеханика. — 2008. — Т. 15, № 2. — С. 325–340.
2. Коротеев А.С. Электродуговые плазматроны. — М.: Машиностроение, 1980. — 176 с.
3. Жуков М.Ф., Смоляков В.Я, Урюков Б.А. Электродуговые нагреватели газа (плазматроны). — М.: Наука, 1973. — 232 с.

Статья поступила в редакцию 23 апреля 2008 г.