

## РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ

Институт горного дела и горных технологий им У.А. Асаналиева

Кыргызского государственного технического университета им. И.Раззакова

В настоящее время широко распространено исследование и совершенствование технологических процессов путем их компьютерного моделирования. Разрабатываются программные комплексы, сочетающие в себе функции CAD (Computer Aided Design)/CAE (Computer Aided Engineering) систем, т.е. автоматизированного проектирования и инженерного анализа. Такие комплексы имеют возможности их применения и развития для решения широкого круга научно-исследовательских задач, связанных с вопросами исследования физических процессов, с визуализацией исследуемых объектов и полученных результатов исследования [1, 2]. Этот факт не может не способствовать появлению интереса к разработке подобных программных продуктов [3,4] не только в исследовательских целях, но и образовательных - для создания «виртуальных физических лабораторий».

Цель данной работы состоит в разработке системы моделирования технологического процесса плазменной обработки (в частности, для резки) металлов, которая позволит:

- в диалоговом режиме выбрать из базы данных параметры режима резки металлов различных толщин;
- выполнить численный эксперимент на основе моделирования теплофизических процессов в полости реза; и тем самым получить области параметров режима, дающих качественное формирование реза;
- визуализацию технологического процесса;
- создание системы обработки результатов численного анализа.

Целесообразность разработки компьютерной модели процесса плазменной резки состоит в том, что, несмотря на растущее число CAE – программных продуктов и широту, решаемых с их помощью задач, они имеют разумно ограниченную функциональность и направлены на решение конкретных технологических задач.

Пользовательский интерфейс программы выполнен по общепринятым стандартам современных программных средств, и является понятным и легким в управлении. На рисунке 1 представлено главное окно программы, позволяющее сделать выбор пользователю в просмотре диалоговых окон программы.

Основой компьютерного моделирования процесса плазменной резки металлов служат следующие компоненты системы:

- обновляемая база данных по технологии резки металлов;
- модуль графического (визуального) моделирования;
- модуль численного анализа процессов в плазменной дуге;
- модуль численного анализа процессов взаимодействия плазменно-дугового потока с металлом.

Все перечисленные модули имеют единый программный интерфейс.

База данных содержит информацию об устройствах для резки, типах плазмотронов, их технических характеристиках, способах и режимах резки в зависимости от типа обрабатываемых металлов и их толщин (рис.2), параметрах режимов, используемых плазмообразующих средах и их свойствах, обрабатываемых изделиях, их физических свойствах, средствах технологического оснащения и других деталях, касающихся процесса резки. Данные можно получить и в виде графических зависимостей (рис.3 и

рис.4), которые строятся как на основе экспериментальных, так и расчетных данных. База данных содержит также данные по теплофизическим свойствам сплавов: углеродистым и легированным сталям и др.

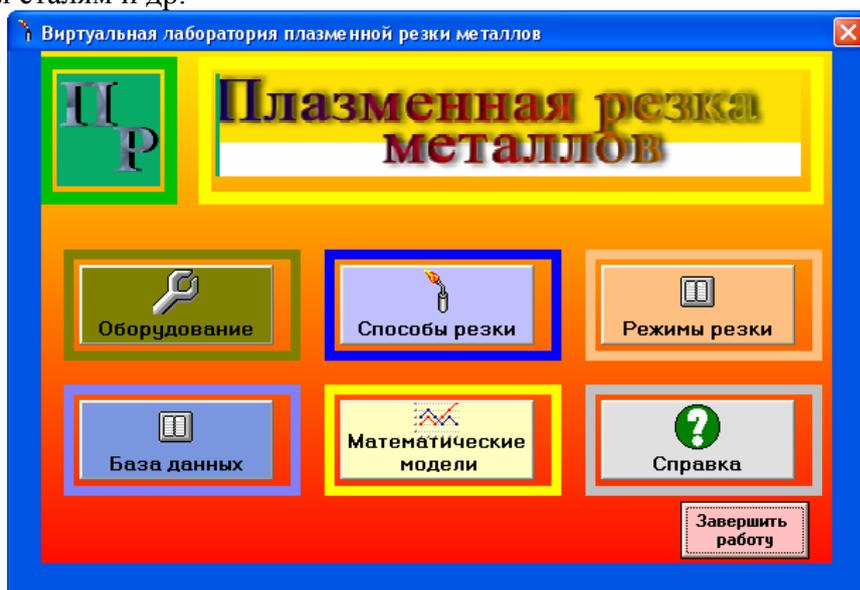


Рис 1. Главное окно программы.

Температура	Плотность_kg/m	Вязкость_г/м	Излучение_кВт/см	УдельнаяЭнтальпия_кДж	Темп
300	1.16	0.0185	0	300	0.021
500	0.874	0.027	0	520	0.041
1000	0.353	0.424	0	1040	0.06
2000	0.1765	0.689	0	2280	0.13
2500	0.1407	0.0818	0	3010	0.22
3000	0.115	0.0955	0	4070	0.38
3500	0.09331	0.01107	0	5000	0.6
4000	0.07672	0.1259	0	6670	0.58
4500	0.06605	0.1396	0	9010	0.49
5000	0.05828	0.1524	0	10250	0.66
5500	0.5148	0.1715	0	12310	1.1
6000	0.04476	0.1852	0	14900	2.25
6500	0.03721	0.1997	0	19500	3
7000	0.03131	0.2112	0.004	26000	3.67

Рис. 2. Окно базы данных.

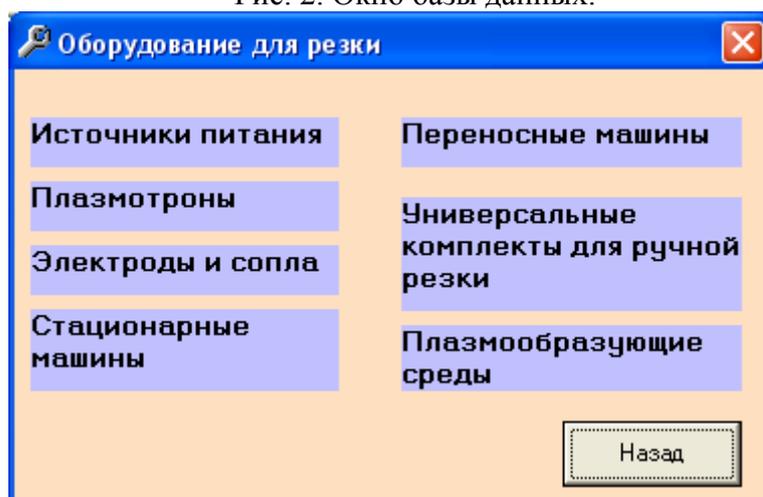


Рис 3. Диалоговое окно программы.

Для исследования механизмов образования и формирования реза предусмотрен модуль моделирования физических процессов в полости реза (рис. 4). Для реализации поставленной задачи рассматривается ряд сопряженных задач теплообмена: тепловое взаимодействие плазменно-дугового потока с поверхностью металла, образование

расплава и стекания его в виде тонкой жидкой пленки; динамическое воздействие плазменного потока на расплавленный слой; распространение тепла и плавление металла.

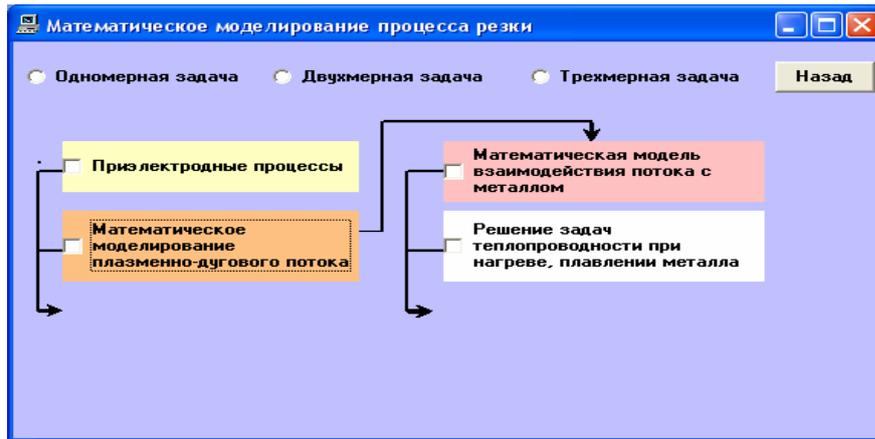


Рис 4 Диалоговое окно модуля численного анализа процессов при плазменной резке.

Модуль численного анализа предусматривает решение нескольких автономных задач:

- решения тепловой задачи испарения и плавления катода;
- расчета тепловых и динамических характеристик дуги;
- решения задачи плавления и течения расплава в полости реза;
- решения тепловой задачи испарения и плавления металла под воздействием концентрированного теплового источника.

Программа позволяет в диалоговом режиме вводить входные параметры для выполнения численного эксперимента, что позволяет непосредственно видеть влияние вводимых данных на результаты.

Результаты вычислений можно вывести в виде табличного отчета (рис.5), или

Результаты решения задачи							
Изменение температуры точек по времени	Построить график	Распределение температуры в расплаве	Распределение температуры в твердом металле	Скорость узловых точек	изменение координаты фронта испарения	Изменение координаты фронта плавления	Скорость перемещения координаты фронта плавления
T1(1, 1)= 3000.01	T1(1, 2)= 2366.85	T1(1, 3)= 2067.77	T1(1, 4)= 1926.49	T1(1, 5)= 1859.75	T1(1, 6)= 1828.23	T1(1, 7)= 1813.88	T1(1, 8)= 1813.88
T1(2, 1)= 75.01	T1(2, 2)= 2453.26	T1(2, 3)= 2064.98	T1(2, 4)= 1930.74	T1(2, 5)= 1862.03	T1(2, 6)= 1829.35	T1(2, 7)= 1813.88	T1(2, 8)= 1813.88
T1(3, 1)= 299.61	T1(3, 2)= 3156.63	T1(3, 3)= 2128.49	T1(3, 4)= 1982.63	T1(3, 5)= 1912.38	T1(3, 6)= 1878.94	T1(3, 7)= 1863.1	T1(3, 8)= 1863.1
T1(4, 1)= 303.85	T1(4, 2)= 3757.27	T1(4, 3)= 2137.6	T1(4, 4)= 2034.3	T1(4, 5)= 1963.21	T1(4, 6)= 1929.47	T1(4, 7)= 1913.46	T1(4, 8)= 1913.46
T1(5, 1)= 307.48	T1(5, 2)= 4318.91	T1(5, 3)= 2268.36	T1(5, 4)= 2085.95	T1(5, 5)= 2014.33	T1(5, 6)= 1980.61	T1(5, 7)= 1964.6	T1(5, 8)= 1964.6
T1(6, 1)= 310.87	T1(6, 2)= 4847.35	T1(6, 3)= 2337.63	T1(6, 4)= 2138.05	T1(6, 5)= 2066.28	T1(6, 6)= 2032.81	T1(6, 7)= 2016.9	T1(6, 8)= 2016.9
T1(7, 1)= 314.06	T1(7, 2)= 5345.99	T1(7, 3)= 2402	T1(7, 4)= 2190.39	T1(7, 5)= 2119.04	T1(7, 6)= 2086.04	T1(7, 7)= 2070.43	T1(7, 8)= 2070.43
T1(8, 1)= 317.07	T1(8, 2)= 5815.95	T1(8, 3)= 2453.15	T1(8, 4)= 2242.99	T1(8, 5)= 2172.75	T1(8, 6)= 2140.42	T1(8, 7)= 2125.1	T1(8, 8)= 2125.1
T1(9, 1)= 319.91	T1(9, 2)= 6257.05	T1(9, 3)= 2507.24	T1(9, 4)= 2295.89	T1(9, 5)= 2227.46	T1(9, 6)= 2195.97	T1(9, 7)= 2181.0	T1(9, 8)= 2181.0
T1(10, 1)= 322.57	T1(10, 2)= 6668.18	T1(10, 3)= 2545.16	T1(10, 4)= 2349.24	T1(10, 5)= 2283.27	T1(10, 6)= 2252.78	T1(10, 7)= 2237.8	T1(10, 8)= 2237.8
T1(11, 1)= 325.06	T1(11, 2)= 7047.76	T1(11, 3)= 2572.33	T1(11, 4)= 2403.32	T1(11, 5)= 2340.27	T1(11, 6)= 2310.89	T1(11, 7)= 2295.9	T1(11, 8)= 2295.9
T1(12, 1)= 327.35	T1(12, 2)= 7394.12	T1(12, 3)= 2588.77	T1(12, 4)= 2458.49	T1(12, 5)= 2398.56	T1(12, 6)= 2370.38	T1(12, 7)= 2355.4	T1(12, 8)= 2355.4
T1(13, 1)= 329.44	T1(13, 2)= 7705.81	T1(13, 3)= 2595.08	T1(13, 4)= 2515.19	T1(13, 5)= 2458.25	T1(13, 6)= 2431.31	T1(13, 7)= 2416.4	T1(13, 8)= 2416.4
T1(14, 1)= 8740.15	T1(14, 2)= 0	T1(14, 3)= 0	T1(14, 4)= 0	T1(14, 5)= 0	T1(14, 6)= 0	T1(14, 7)= 0	T1(14, 8)= 0
T2(1, 1)= 1706.92	T2(1, 2)= 1319.7	T2(1, 3)= 969.35	T2(1, 4)= 713.81	T2(1, 5)= 527.42	T2(1, 6)= 391.47	T2(1, 7)= 292.3	T2(1, 8)= 219.8
T2(2, 1)= 292.76	T2(2, 2)= 1305.84	T2(2, 3)= 968.02	T2(2, 4)= 712.9	T2(2, 5)= 526.66	T2(2, 6)= 390.85	T2(2, 7)= 291.8	T2(2, 8)= 219.8
T2(3, 1)= 292.68	T2(3, 2)= 1353.96	T2(3, 3)= 965.71	T2(3, 4)= 711.25	T2(3, 5)= 525.46	T2(3, 6)= 389.97	T2(3, 7)= 291.16	T2(3, 8)= 219.8
T2(4, 1)= 292.97	T2(4, 2)= 1400.55	T2(4, 3)= 964.64	T2(4, 4)= 710.03	T2(4, 5)= 524.42	T2(4, 6)= 389.1	T2(4, 7)= 290.45	T2(4, 8)= 219.8
T2(5, 1)= 293.25	T2(5, 2)= 1445.77	T2(5, 3)= 963.87	T2(5, 4)= 708.84	T2(5, 5)= 523.45	T2(5, 6)= 388.32	T2(5, 7)= 289.83	T2(5, 8)= 219.8
T2(6, 1)= 293.52	T2(6, 2)= 1489.7	T2(6, 3)= 963.47	T2(6, 4)= 707.66	T2(6, 5)= 522.48	T2(6, 6)= 387.54	T2(6, 7)= 289.2	T2(6, 8)= 219.8
T2(7, 1)= 293.79	T2(7, 2)= 1532.4	T2(7, 3)= 963.22	T2(7, 4)= 706.39	T2(7, 5)= 521.44	T2(7, 6)= 386.7	T2(7, 7)= 288.54	T2(7, 8)= 219.8
T2(8, 1)= 294.05	T2(8, 2)= 1573.93	T2(8, 3)= 963.13	T2(8, 4)= 705.05	T2(8, 5)= 520.33	T2(8, 6)= 385.82	T2(8, 7)= 287.83	T2(8, 8)= 219.8
T2(9, 1)= 294.3	T2(9, 2)= 1614.34	T2(9, 3)= 963.14	T2(9, 4)= 703.62	T2(9, 5)= 519.15	T2(9, 6)= 384.87	T2(9, 7)= 287.08	T2(9, 8)= 219.8
T2(10, 1)= 294.54	T2(10, 2)= 1653.66	T2(10, 3)= 963.2	T2(10, 4)= 702.09	T2(10, 5)= 517.88	T2(10, 6)= 383.86	T2(10, 7)= 286.28	T2(10, 8)= 219.8
T2(11, 1)= 294.78	T2(11, 2)= 1691.94	T2(11, 3)= 963.23	T2(11, 4)= 700.45	T2(11, 5)= 516.52	T2(11, 6)= 382.77	T2(11, 7)= 285.42	T2(11, 8)= 219.8
T2(12, 1)= 295.01	T2(12, 2)= 1729.19	T2(12, 3)= 963.17	T2(12, 4)= 698.66	T2(12, 5)= 515.04	T2(12, 6)= 381.6	T2(12, 7)= 284.5	T2(12, 8)= 219.8
T2(13, 1)= 295.23	T2(13, 2)= 1765.44	T2(13, 3)= 962.93	T2(13, 4)= 696.71	T2(13, 5)= 513.43	T2(13, 6)= 380.33	T2(13, 7)= 283.5	T2(13, 8)= 219.8
T2(14, 1)= 2518.57	T2(14, 2)= 0	T2(14, 3)= 0	T2(14, 4)= 0	T2(14, 5)= 0	T2(14, 6)= 0	T2(14, 7)= 0	T2(14, 8)= 0
dx/dt( 1)= .1961	dx/dt( 2)= .011983	dx/dt( 3)= .012852	dx/dt( 4)= .013722	dx/dt( 5)= .014591	dx/dt( 6)= .01546	dx/dt( 7)= .016329	dx/dt( 8)= .017208
s1( 1)= 0	s1( 2)= .000001	s1( 3)= .000003	s1( 4)= .000009	s1( 5)= .000015	s1( 6)= .000023	s1( 7)= .000031	s1( 8)= .000041

Рис. 5. Отчет в виде распечатки результатов решения

получить в виде диаграммы (рис. 6):

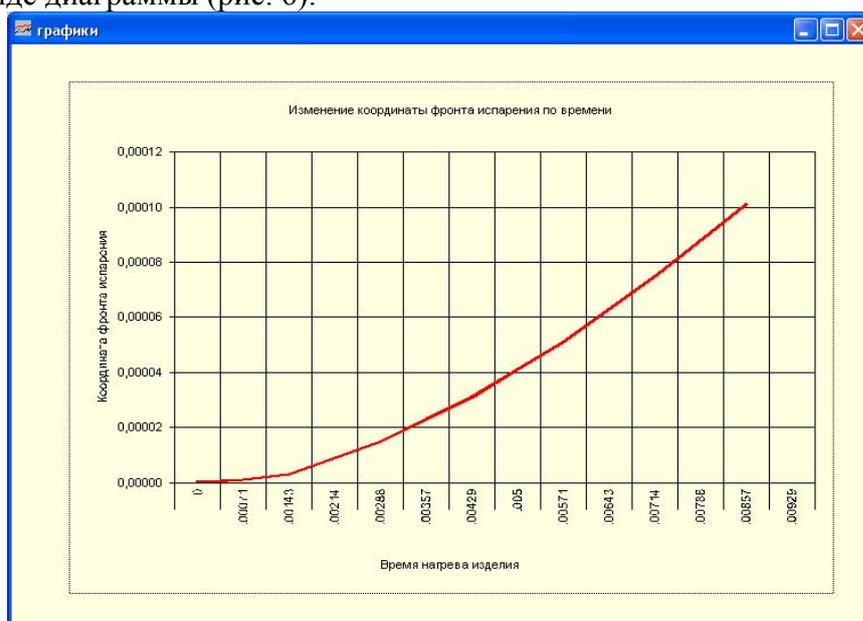


Рис 6. Вывод результатов в виде диаграммы.

Математическая модель численного анализа процесса плазменной резки металлов, позволяет установить связь механизма образования получаемого реза с параметрами режима плазменной резки. Компьютерное моделирование процесса плазменной резки реализует возможности исследования процесса резки, посредством выбора входных параметров (ток, напряжение, расход газа) режима резки металлов из базы данных; графического воспроизведения формирования реза, получения расчетных данных характеристик плазменной дуги, расчетной ширины реза.

### Литература

1. Компьютерное проектирование и подготовка производства сварных конструкций: Учебное пособие для вузов / С.А. Куркин, В.М. Ховов, Ю.Н.Аксенов и др.; - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.- 464с.
2. Компьютерное моделирование процесса плазменного напыления / Ю.С. Борисов, И.В. Кривцун и др.//Автоматическая сварка, №12, 2000 г. с.42-51.
3. Кабаева Г.Д. О разработке программного обеспечения для компьютерного моделирования процессов при плазменной резке металлов // Вестник КРСУ, 2007, том 7 , № 12, стр. 8-12

Компьютерное моделирование процесса плазменной резки металлов / Жайнаков А.Ж., Кабаева Г.Д. и др., //Вестник КНУ им. Жусупа Баласагына. Серия 3: Естественные и технические науки, физика и техника, выпуск 3 , 2006, с. 198 – 202.