

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Факультет «Материаловедение и металлургические технологии»

Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент

Должность, место работы

Подпись И.О. Фамилия

« ____ » _____ 2017 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

М.А. Иванов

« ____ » _____ 2017 г.

Автоматизация расчета режима точечной контактной сварки

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ)**

Руководитель ВКР

Иванов М.А
Подпись И.О., Фамилия

« ____ » _____ 2017 г.

Автор ВКР

магистрант группы П-246

Новиков Николай
Владимирович

« ____ » _____ 2017 г.

Нормоконтролёр
преподаватель

Ю.В. Безганс

« ____ » _____ 2017 г.

Челябинск, 2017

АННОТАЦИЯ

Новиков Н.В. Автоматизация расчета точечной контактной сварки. – Челябинск: ЮУрГУ; МиМТ; 2017, 29 с., 7 ил., библиографический список – 3 наим.

В силу высокой автоматизации контактной сварки возникает необходимость в разработки программных комплексов для расчета и выбора её режимов. Предлагаемый комплекс позволяет провести указанные расчеты. Это позволяет использовать комплекс в обучающем и в производственном режиме. Проведенный анализ существующих комплексов показал преимущества разрабатываемого программного обеспечения. Преимуществом предполагаемого проекта будет являться то, что в предлагаемом проекте добавлены такие параметры как: шаг между точками, ширина верхней и нижней деталей и коэффициент поверхностного эффекта для магнитных и не магнитных материалов, которые существенно влияют на ток шунтирования и ток вторичной цепи, а следовательно, на качество сварного соединения.

При реализации предлагаемых мероприятий повышается производительность труда, снижаются затраты на сварочные материалы, улучшаются условия труда, снижается себестоимость.

									Лист
									5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.04.01.2017.118.00 ПЗ				

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.....	8
2 ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ	10
3 АЛГОРИТМ РАСЧЕТА РЕЖИМА ТОЧЕЧНОЙ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ	11
4 АЛГОРИТМ ПРОГРАММИРОВАНИЯ.....	16
5 ПРОВЕРКА РЕЖИМА.....	25
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	29
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	30

									Лист
									6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.04.01.2017.118.00 ПЗ				

ВВЕДЕНИЕ

Одним из наиболее распространенных видов сварки является контактная сварка. По современным оценкам на её долю приходится около 30 % существующих сварочных конструкций. Область применения контактной сварки чрезвычайно широка - от крупногабаритных строительных конструкций до миниатюрных полупроводниковых устройств и плёночных микросхем. Современные сварочные комплексы, включающие в себя машину контактной сварке с соответствующим программным обеспечением, являются дорогостоящим, а устаревшие комплексы, широко распространенные до сих пор, не имеют программной части для расчета режимов сварки. В связи с этим, появляется необходимость в создании программного комплекса для расчета и выбора режимов контактной сварки.

					15.04.01.2017.118.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

Анализ наиболее известных программ для расчета режимов контактной сварки. На сегодняшний день, наиболее известными программами для расчета режимов контактной сварки, являются CNS (Россия) и «Расчет режимов сварки» (компания АСКОН, Россия). Программа CNS позволяет рассчитать режимы точечной и шовной контактной сварки. В режиме точечной сварки выбирается: группа металлов, толщина деталей, диаметр ядра, металл электрода, диаметр и радиус электрода. По заданным данным программа рассчитывает: сварочное усилие электродов, сварочный ток, длительность тока, паузу тока, дополнительный сварочный ток и дополнительная длительность тока. Одним из минусов этой программы является отсутствие задания жесткого или мягкого режима сварки. Что касается программы «Расчет режимов сварки» от компании АСКОН, то эта программа охватывает многие режимы сварки, начиная с ручной дуговой сварки и заканчивая автоматической сваркой под флюсом. Программа работает в структуре САПР технологических процессов ВЕРТИКАЛЬ и решает следующие задачи: автоматизированный подбор режимов для основных видов сварки; автоматизированный подбор сварочных материалов; расчет норм расхода сварочных материалов; расчет и основного времени на технологический переход; генерация готовых фрагментов техпроцесса сварки (наборы операций и переходов) по заданным параметрам сварного шва и способа сварки; настройка всех параметров и алгоритмов обработки данных для любых сварных швов и способов сварки. Для расчета соответствующего вида или режима сварки, необходимо выбрать конструктивно-технологический элемент согласно соответствующему ГОСТу. Затем выбирается нужная деталь, и указываются ее характеристики такие как: марка материала, группа свариваемости и аналогично провести вышеуказанные операции для второй детали. Также указывается наличие защитной среды, вид тока, полярность и положение при

					15.04.01.2017.118.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

сварке. Выбирается марка электрода и его параметры. После выбора всех необходимых параметров, программа рассчитывает: диаметр электрода, сварочный ток, количество проходов, геометрические параметры сварочного шва. Однако данная программа не позволяет рассчитать режимы контактной сварки.

					15.04.01.2017.118.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

2 ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ

Разработанная программа написана на языке программирования Delphi в программе Delphi 6. Данная программа позволяет быстро и качественно выполнять необходимое программирование. После запуска программы, появляется рабочее окно, в котором можно выбрать необходимые параметры такие как: выбор материала, толщину верхней и нижней деталей, ширину верхней и нижней деталей, мягкий или жесткий режим сварки, шаг между точками. Далее выполняем команду "Расчет", которые показаны на Рисунке 2.1. Итог расчетов: программа выполняет расчет по заданным данным и выдает рассчитанные параметры: диаметр электрода (мм), сварочный ток (А), время сварки (с), усилие электродов (кгс/см²), ток вторичной цепи (А), ток шунта (А). Отличительной способностью предлагаемого продукта от уже имеющихся, состоит в том, что в программе присутствует время проковки (с), шаг между точками (мм), ширина верхней детали (мм), ширина нижней детали (мм), коэффициент поверхностного эффекта для магнитных и не магнитных материалов. В дополнении, имеется и другие параметры. Этот программный комплекс разрабатывается специально для студентов, обучающихся по направлению «Машиностроение», а также он может быть полезен всем, повышающим свою квалификацию.

Диаметр электрода (мм)	7.7781	G	821.57373046875
Время сварки (с)	0.3000	Xn	0.49613893032074
Время проковки (с)	0.1008	Xp	1.4687762260437
Усилие на электродах (кгс)	1.8997	P	91
Ток сварки (А)	12698.5439	R	67.4464340209961
Ток шунта (А)	3343.27856	Rb	256.058227539063
Ток сварки вторичной цепи (А)	18036.8222	Fb	3.03999996185303
		Kc	1.18128323554993
		Kp	1.9696786403656
		Kt	

Рисунок 2.1 – Программа для расчета режимов точечной контактной сварки

3 АЛГОРИТМ РАСЧЕТА РЕЖИМА ТОЧЕЧНОЙ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ

Параметры режима точечной сварки:

1. Диаметр рабочей поверхности электрода $d_э$, мм;
2. Время включения тока $t_{св}$, с;
3. Усилие на электродах $P_{св}$, кг;
4. Сварочный ток $I_{св}$, А.

При сварке сталей толщиной более $\delta \geq 0,5$ мм используются электроды с плоско-конической рабочей частью (тип 1), определяется по формуле (1)

$$d_э = 5,5 \sqrt{\delta} \text{ (мм)} \quad (1)$$

где δ – толщина более тонкой из сталей.

При использовании электрода со сферической рабочей поверхностью (тип 2) радиусом $R = (50 \dots 100)$, определяется по формуле (2)

$$d_э = (3,5 \dots 4) \delta \text{ (мм)} \quad (2)$$

Время включения тока:

Для низкоуглеродистых сталей, определяется по формуле (3) на жестких режимах, по формуле (4) на мягких режимах

Для алюминиевых сплавов определяется по формуле (5) на жестких режимах по формуле (6) на мягких режимах.

$$t_{св} = (1,5 \dots 3) \delta \text{ (с)} \quad (3)$$

$$t_{св} = (3 \dots 10) \delta \text{ (с)} \quad (4)$$

$$t_{св} = (0,4 \dots 0,6) \delta \text{ (с)} \quad (5)$$

$$t_{св} = (1,5 \dots 2,5) \delta \text{ (с)} \quad (6)$$

Усилие на электродах, определяется по формуле (7)

$$P = \rho \frac{\pi d_3^2}{4} \text{ (кгс/см}^2\text{)}; \quad (7)$$

где, ρ – удельное давление, кг/см²

Сварочный ток определяется по формуле (8)

$$I_{\text{св}} = 10^3 \sqrt{\frac{Q}{0,24 m_c R_H t_{\text{св}}}} \text{ (А)}; \quad (8)$$

Здесь m_c – коэффициент, учитывающий изменение сопротивления заготовок в процессе сварки, для стали $m_c = 1 \dots 1,1$; для алюминиевых сплавов $m_c = 1,2 \dots 1,4$; R_H – среднее суммарное сопротивление нагретых деталей, принимается равным сопротивлению металла под электродом к концу сварки, определяется по формуле (9)

$$R_H = A \rho_T \sqrt{\frac{8\delta}{\pi d_3^2}} \text{ (мкОм)}; \quad (9)$$

A – коэффициент, учитывающий характер поля для электрического тока и зависящий от соотношения d_3 / δ и выбирается (рисунок приложения 1) [3]

Общее количество теплоты определяется по формуле (10)

$$Q = \frac{\pi d_3^2}{4} (\delta_1 + \delta_2) c_1 + \gamma_1 T_{\text{пл}} + K_1 \pi (d_3 + x) + (\delta_1 + \delta_2) c_2 + \gamma_2 \frac{T_{\text{пл}}}{4} + 2K_2 \frac{\pi d_3^2}{4} x' c' \gamma' \frac{T_{\text{пл}}}{8} \text{ (кал)}; \quad (10)$$

где $c_1 \gamma_1$ – средняя теплоемкость (кал/г. °С) и плотность (г/см³) металла детали в интервале температур $0 \dots T_{\text{пл}}$

$T_{\text{пл}}$ – температура плавления металла детали, (°С)

$c_2 \gamma_2$ – средняя теплоемкость (кал/г. °С) и плотность (г/см³) металла детали в интервале температур $0 \dots T_{\text{пл}} / 4$

										Лист
										12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.04.01.2017.118.00 ПЗ					

Ширина кольца нагретого металла, окружающего ядро, определяется по формуле (11)

$$X = 4 \left(\sqrt{\frac{\lambda t_{CB}}{c \gamma}} \right) (\text{см}); \quad (11)$$

$K_1 = 0,8$ коэффициент, учитывающий неравномерность распределения температуры в кольце металла;

K_2 – коэффициент формы электрода, для цилиндрического электрода $K_2 = 1$, для конического $K_2 = 1,5$, для сферического $K_2 = 2$;

$c' \gamma'$ - средняя теплоемкость (кал/г. °С) и плотность (г/см³) металла электродов в интервале температур $0 \dots T_{пл} / 8$ (допускается брать значения $c_2 \gamma_2$ и $c' \gamma'$ для температуры 20 °С);

Длина нагретого участка электрода определяется по формуле (12)

$$X' = 4 \left(\sqrt{\frac{\lambda t_{CB}}{c' \gamma'}} \right) (\text{см}); \quad (12)$$

Общий ток во вторичной цепи определяется по формуле (13)

$$I_2 = I_{CB} + I_{ш} (\text{А}); \quad (13)$$

Ток шунтирования через ранее сваренную точку определяется по формуле (14)

$$I_{ш} = I_{CB} \frac{R_H}{Z_{ш}} (\text{А}); \quad (14)$$

Полное сопротивление ветви шунтирования, определяется по формуле (15)

$$Z_{ш} = \sqrt{R_H^2 + X_{ш}^2} (\text{мкОм}); \quad (15)$$

$X_{ш}$ – индуктивное сопротивление ветви шунтирования, определяется по формуле (16)

					15.04.01.2017.118.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Для не магнитных материалов

$$K_{\Pi} = 1 + 3,27 \sqrt{\frac{f}{R}} \cdot 10^{-3}; \text{ при } \sqrt{\frac{f}{R}} < 180; \quad (23)$$

$$K_{\Pi} = 0,25 + 0,56 \sqrt{\frac{f}{R}} \cdot 10^{-2} + \frac{8,37}{\sqrt{\frac{f}{R}}}; \text{ при } 220 > \sqrt{\frac{f}{R}} > 180; \quad (24)$$

$$K_{\Pi} = 0,56 \sqrt{\frac{f}{R}} \cdot 10^{-2} + 0,277; \text{ при } 220 < \sqrt{\frac{f}{R}} < 1800, \quad (25)$$

Где f – частота тока, (Гц);

R – сопротивление 100 м проводника данного сечения, определяется по формуле (26)

$$R = 10^{-6} \rho_0 \cdot l / F \text{ (Ом)}; \quad (26)$$

Время проковки определяется по формуле (27)

$$t_{\text{пр}} = 0,1 + 0,04 \cdot \delta \text{ (с)}; \quad (27)$$

					15.04.01.2017.118.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

4 АЛГОРИТМ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

```
unit Unit1;  
interface  
uses  
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls,  
  Forms,  
  Dialogs, StdCtrls, Buttons;  
type  
  TForm1 = class(TForm)  
    Label1: TLabel;  
    Label2: TLabel;  
    Edit2: TEdit;  
    Label3: TLabel;  
    Edit3: TEdit;  
    Label18: TLabel;  
    Edit18: TEdit;  
    Label19: TLabel;  
    Edit19: TEdit;  
    Label20: TLabel;  
    Edit20: TEdit;  
    Label21: TLabel;  
    Edit21: TEdit;  
    Label27: TLabel;  
    Edit27: TEdit;  
    Label28: TLabel;  
    Edit28: TEdit;
```

ComboBox1: TComboBox;
ComboBox2: TComboBox;
ComboBox3: TComboBox;
BitBtn1: TBitBtn;
Edit1: TEdit;
Label4: TLabel;
Edit4: TEdit;
Label5: TLabel;
Edit5: TEdit;
Label6: TLabel;
Edit6: TEdit;
Q: TLabel;
Edit7: TEdit;
Label7: TLabel;
Edit8: TEdit;
Label8: TLabel;
Edit9: TEdit;
Label9: TLabel;
Edit10: TEdit;
Label10: TLabel;
Edit11: TEdit;
Label11: TLabel;
Edit12: TEdit;
Label12: TLabel;
Edit13: TEdit;
Label13: TLabel;

```

Label14: TLabel;
Label15: TLabel;
Edit14: TEdit;
Edit15: TEdit;
Edit16: TEdit;
procedure ComboBox3Select(Sender: TObject);
procedure BitBtn1Click(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
var
  Form1: TForm1;
implementation
  {$R *.dfm}
procedure TForm1.ComboBox3Select(Sender: TObject);
begin
  //ShowMessage('Выбрано '+Form1.ComboBox3.Text);
end;
procedure TForm1.BitBtn1Click(Sender: TObject);
var
  Icv, Ir, I2, Q, p, Tpl : single;
  b1, b2,s1, s2, k, k1, K0, Kp, Fs, Sp, taucv, A, at, xm, xe, Rr, Ra, Ri,
  taupr, R : single;
  d, Pcv, cm, ym, ce, ye, lm, le, Pt, M0, mc, Step : single;

```

```

begin
s1:=StrToFloat(form1.Edit1.text)/10; // верхняя пластина в см
s2:=StrToFloat(form1.Edit2.text)/10; // нижняя пластина в см
b1:=StrToFloat(form1.Edit4.text)/10; // ширина пластины в см
b2:=StrToFloat(form1.Edit5.text)/10; // ширина пластины в см
Step:=StrToFloat(form1.Edit3.text)/10; // ширина пластины в см
if      Form1.ComboBox1.ItemIndex      <0      then      begin
ShowMessage('Выберите режим'); exit; end;
if      Form1.ComboBox2.ItemIndex      <0      then      begin
ShowMessage('Выберите форму электрода'); exit; end;
if      Form1.ComboBox3.ItemIndex      <0      then      begin
ShowMessage('Выберите материал'); exit; end;
if s1<=0 then begin ShowMessage('Выберите толщину верхней
детали'); exit; end;
if s2<=0 then begin ShowMessage('Выберите толщину нижней
детали'); exit; end;
if b1<=0 then begin ShowMessage('Выберите ширину верхней
детали'); exit; end;
if b2<=0 then begin ShowMessage('Выберите ширину нижней
детали'); exit; end;
if Step<=0 then begin ShowMessage('Выберите шаг между точками');
exit; end;
if      (Form1.ComboBox1.ItemIndex      =      0)      AND
(Form1.ComboBox3.ItemIndex = 0) then taucv:=(5*s1); // мягкий
режим и сталь

```



```

if (Form1.ComboBox1.ItemIndex = 1) AND
(Form1.ComboBox3.ItemIndex = 0) then taucv:=(1.5*s1); // жесткий
режим и сталь
if (Form1.ComboBox1.ItemIndex = 0) AND
(Form1.ComboBox3.ItemIndex = 1) then taucv:=(2.0*s1); // мягкий
режим и ал
if (Form1.ComboBox1.ItemIndex = 1) AND
(Form1.ComboBox3.ItemIndex = 1) then taucv:=(0.5*s1); // жесткий
режим и ал
if Form1.ComboBox2.ItemIndex = 0 then //ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ
форма 0
begin
k1:=1; // коэффициент формы сферического электрода
d:=5.5*sqrt(s1*10);
end;
if Form1.ComboBox2.ItemIndex = 1 then //КОНИЧЕСКАЯ 1
begin
k1:=1.5;
d:=5.5*sqrt(s1*10);
end;
if Form1.ComboBox2.ItemIndex = 2 then //СФЕРИЧЕСКАЯ 2
begin
k1:=2;
d:=3.75*s1*10;
end;
d:=d/10;

```

```

Form1.Edit18.Text:=FloatToStr(d*10);
Form1.Edit19.Text:=FloatToStr(taucv);
A:=0.88;
Sp:=(b1+b2+s1+s2);
Fs:=b1*S1;
if Form1.ComboBox3.ItemIndex = 0 then // низкоугл сталь
begin
K0:=(2*Fs/Sp)*sqrt(500/13);
if K0>=3 then Kp:=0.785+ 1.159*K0;
if (K0>=1) and (K0<3) then Kp:=0.785+sqrt(1.343*K0-0.183);
if (K0>0) and (K0<1) then Kp:=1+0.84*K0*K0*K0*K0;
Pcv:=2*3.14*d*d/2;
Form1.Edit20.Text:=FloatToStr(Pcv);
cm:=0.15;
ym:=7.8;
lm:=0.06;
ce:=0.09;
ye:=8.9;
le:=0.36;
mc:=1.05;
xm:=4*sqrt(lm*taucv)/sqrt(cm*ym); // ширина кольца нагретого
металла
Pt:=13*(1+0.004*1500);
R:=(A*Pt*8*s1)/(3.14*d*d);
xe:=4*sqrt(le*taucv)/sqrt(ce*ye); // длина нагретого кольца
электрода

```

					15.04.01.2017.118.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

```

Q:=(3.14*d*d)*(s1+s2)*(cm*ym*1500)/4+(0.8*3.14*xm)*(d+xm)*(s1
+s2)*(cm*ym*1500)/4+((2*K1*3.14*d*d)/4)*(xe*ce*ye*1500)/8;
Icv:=1000*sqrt(Q/(0.24*mc*R*taucv));
Ra:=(2*13*step*Kp)/(s1*b1);
Ri:=(0.38*step)*sqrt(b1/(s1+s2)*(s1+s2));
Rr:=sqrt((Ra*Ra)+(Ri*Ri));
Ir:=(Icv*R)/Rr;
I2:=Icv+Ir;
taupr:=0.1+0.004*s1;
Form1.Edit6.Text:=FloatToStr(taupr);
Form1.Edit21.Text:=FloatToStr(Icv);
Form1.Edit27.Text:=FloatToStr(I2);
Form1.Edit28.Text:=FloatToStr(Ir);
Form1.Edit7.Text:=FloatToStr(Q);
Form1.Edit8.Text:=FloatToStr(xm);
Form1.Edit9.Text:=FloatToStr(xe);
Form1.Edit10.Text:=FloatToStr(Pt);
Form1.Edit11.Text:=FloatToStr(R);
Form1.Edit12.Text:=FloatToStr(Ra);
Form1.Edit13.Text:=FloatToStr(Ri);
Form1.Edit14.Text:=FloatToStr(K0);
Form1.Edit15.Text:=FloatToStr(Kp);
end;
if Form1.ComboBox3.ItemIndex = 1 then // A1
begin
R:=0.0075/Fs;

```

```

if sqrt(50/R)<180 then Kp:=1+3.27*sqrt(50/R)/1000;
if      (sqrt(50/R)<220)      and      (sqrt(50/R)>180)      then
Kp:=0.25+(0.56*sqrt(50/R)/100)+(8.37/sqrt(50/R));
if      (sqrt(50/R)<1800)     and      (sqrt(50/R)>220)     then
Kp:=0.56*sqrt(50/R)/(100+0.277);
Pcv:=1.6*3.14*d*d/2;
Form1.Edit20.Text:=FloatToStr(Pcv);
cm:=0.45;
ym:=2.7;
lm:=0.1;
ce:=0.09;
ye:=8.9;
le:=0.36;
mc:=1.3;
xm:=4*sqrt(lm*taucv)/sqrt(cm*ym); // ширина кольца нагретого
металла
Pt:=7.5*(1+0.005*620);
R:=(A*Pt*8*s1)/(3.14*d*d);
xe:=4*sqrt(le*taucv)/sqrt(ce*ye); // длина нагретого кольца
электрода
Q:=(3.14*d*d)*(s1+s2)*(cm*ym*620)/4+(0.8*3.14*xm)*(d+xm)*(s1+s
2)*(cm*ym*620)/4+((2*K1*3.14*d*d)/4)*(xe*ce*ye*620)/8;
Icv:=1000*sqrt(Q/(0.24*mc*R*taucv));
Ra:=(2*13*step*Kp)/(s1*b1);
Ri:=(0.38*step)*sqrt(b1/(s1+s2)*(s1+s2));
Rr:=sqrt((Ra*Ra)+(Ri*Ri));

```

```
Ir:=(Icv*R)/Rr;  
I2:=Icv+Ir;  
taupr:=0.1+0.004*s1;  
Form1.Edit6.Text:=FloatToStr(taupr);  
Form1.Edit21.Text:=FloatToStr(Icv);  
Form1.Edit27.Text:=FloatToStr(I2);  
Form1.Edit28.Text:=FloatToStr(Ir);  
Form1.Edit7.Text:=FloatToStr(Q);  
Form1.Edit8.Text:=FloatToStr(xm);  
Form1.Edit9.Text:=FloatToStr(xe);  
Form1.Edit10.Text:=FloatToStr(Pt);  
Form1.Edit11.Text:=FloatToStr(R);  
Form1.Edit12.Text:=FloatToStr(Ra);  
Form1.Edit13.Text:=FloatToStr(Ri);  
Form1.Edit16.Text:=FloatToStr(sqrt(50/R));  
end;  
//Form1.Color:=clnavy;  
end;  
end.
```

5 ПРОВЕРКА РЕЖИМА

Для проверки режима полученного с помощью программы, были сварены внахлест две пластины Ст.3 толщиной 2 мм на машине контактной сварки МТР-1601 (Рисунок 5.1) по следующим параметрам:



Рисунок 5.1 – Машина контактной сварки МТР-1601

1. Образец № 1 – одна точка (Рисунок 5.2)

- Ширина верхней детали – 40 мм;
- Ширина нижней детали – 40 мм;
- Диаметр электрода – 7,8 мм;
- Время сварки – 0,3 с;
- Время проковки – 0,1 с;
- Усилие на электродах – 1,9 кгс/см²;
- Ток сварки – 12700 А;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.04.01.2017.118.00 ПЗ

Лист

25



Рисунок 5.2. – Образец № 1

2. Образец № 2 – две точки (Рисунок 5.3)

- Шаг между точками 40 мм;
- Ширина верхней детали – 40 мм;
- Ширина нижней детали – 40 мм;
- Диаметр электрода – 7,8 мм;
- Время сварки 1 – 0,3 с;
- Время проковки 1 – 0,1 с;
- Усилие на электродах 3 – 1,9 кгс/см²;
- Ток сварки 1 – 12700 А;
- Ток сварки 2 – 12700 А.
- Время сварки 2 – 0,3 с;
- Время проковки 2 – 0,1 с;
- Усилие на электродах 2 – 1,9 кгс/см²;



Рисунок 5.3 – Образец № 2

3. Образец № 3 – две точки (Рисунок 5.4)

- Шаг между точками 40 мм;

- Ширина верхней детали – 40 мм;
- Ширина нижней детали – 40 мм;
- Диаметр электрода – 7,8 мм;
- Время сварки 1 – 0,3 с;
- Время проковки 1 – 0,1 с;
- Усилие на электродах 3 – 1,9 кгс/см²;
- Ток сварки 1 – 12700 А;
- Ток сварки вторичной цепи – 16000 А.
- Время сварки 2 – 0,3 с;
- Время проковки 2 – 0,1 с;
- Усилие на электродах 2 – 1,9 кгс/см²;



Рисунок 5.4 – Образец № 3

Следующим этапом было:

- высверливание в образце №2 точки 1 (Рисунок 5.5) для корректного испытания на разрыв точки 2;



Рисунок 5.5 – Высверливание в образце №2 точки 1

— высверливание в образце №3 точки 3 (Рисунок 5.6) для корректного испытания на разрыв точки 4;



Рисунок 5.6 – Высверливание в образце №3 точки 3

Образцы были подвергнуты испытанию на разрыв на УМ-5. Результаты приведены в таблице 5.1

Таблица 5.1 – Результаты испытания на разрыв

Номер образца	Номер точки	Прочность(МПа)
Образец №1	-	188
Образец №2	2	163
Образец №3	4	188

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования проанализированы алгоритмы расчета точечной контактной сварки, выбраны формулы, при которых рассчитанные параметры соответствуют рекомендациям [1]. Выявлено влияние тока шунтирования на качество сварного соединения. Выявлено влияние шага между точками и ширины свариваемых деталей на ток шунтирования. Автоматизация расчета точечной контактной сварки позволяет:

- Быстро подобрать оптимальные режимы сварки под существующее оборудование на действующих предприятиях;
- Быстро подобрать мощность машины контактной сварки под номенклатуру изделий при проектировании предприятий;
- Сократить время создания технологических карт сварочных режимов;
- Производить контроль качества режимов сварки;
- Быстро проверять контрольные работы в учебных заведениях

										Лист
										29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.04.01.2017.118.00 ПЗ					

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Орлов Б.А. Технология и оборудование контактной сварки. – Москва, 1986 – 350 с.

2. Культин Н.Б. Delphi в задачах и примерах. – Санкт-Петербург, 2012 – 285 с.

3. Огороков А.К., Зайцев Н.Л. Технология и оборудование контактной сварки. – Челябинск, 1987 – 38 с.

					15.04.01.2017.118.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30