

«Прогрессивные технологии в АТС»

Практическое занятие № 3

Расчет электрических характеристик инструмента рихтовки для метода «прямого пропускания тока»

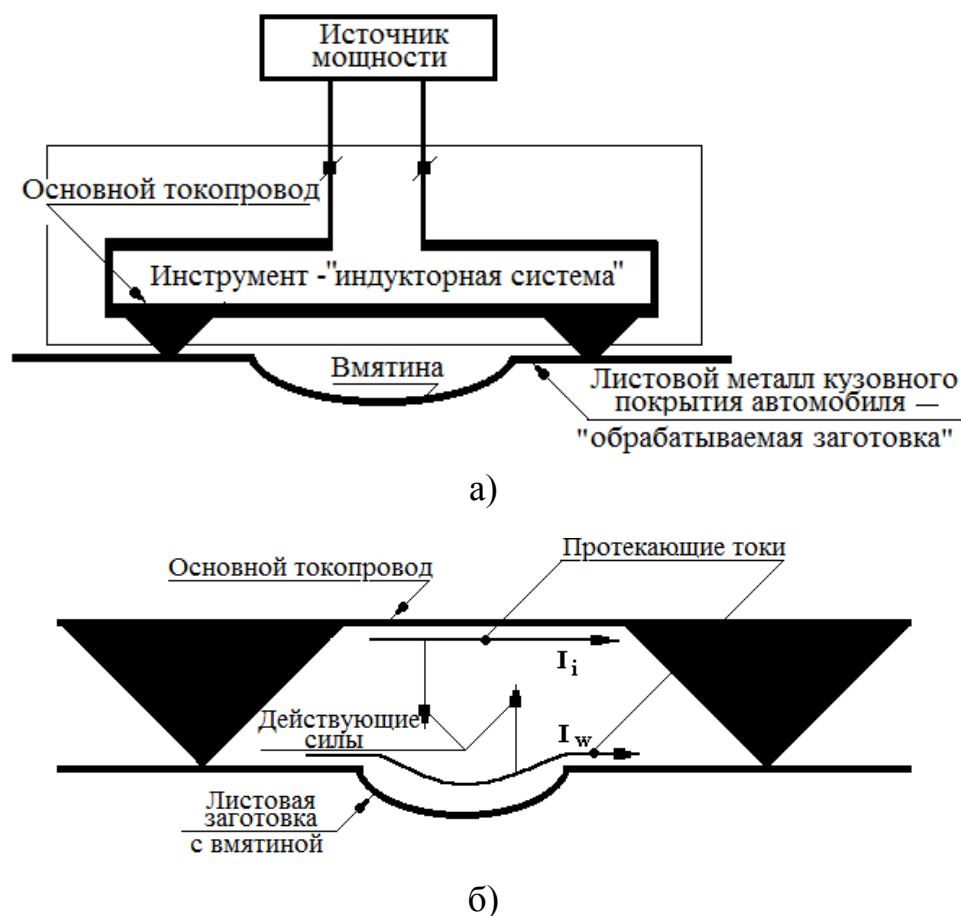


Рис.1 Схематическая иллюстрация комплекса для рихтовки с инструментом, принцип действия которого основан на притяжении проводников с однонаправленными токами (закон Ампера):

- а) принципиальная схема комплекса в целом;
- б) физическая схема возбуждения механических сил притяжения при взаимодействии тока в основном токопроводе – I_i с током в металле листовой заготовки с вмятиной – I_w .

Для проведения расчётов необходимо выбрать конкретную модель инструмента. В качестве таковой возьмём конструкцию и соответствующую электрическую схему замещения, представленные на рис.2.

Постановка задачи.

Дано:

- 1) Соответственно рисунку индуктор представляет собой металлический виток прямоугольной формы со сторонами: l_1 – длина токопроводов; l_2, b, H – длина, ширина, толщина основного токопровода, соответственно, общая длина токопроводов и основного токопровода – $l = 2l_1 + l_2$.

- 2) Основание индуктора (основной токопровод) – рабочая зона отделяется от листовой заготовки изолирующей прокладкой толщиной – h .
- 3) Электрическое соединение прямоугольного витка индуктора с листовой заготовкой осуществляется по основаниям двух уголков, расположенных с внешних сторон токопроводов.
- 4) Листовая заготовка – стальной лист с удельной электропроводностью:

$$\gamma_w = 0.15 \cdot 10^7 \frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{м}}$$
 (данное значение электропроводности – минимальная величина для существующих сталей).
- 5) Размеры листовой заготовки в рабочей зоне:
 l_2 – длина, b – ширина, a – толщина.
- 6) В листовой заготовке существует вмятина полусферической формы с диаметром на поверхности листа – D , глубиной – d .

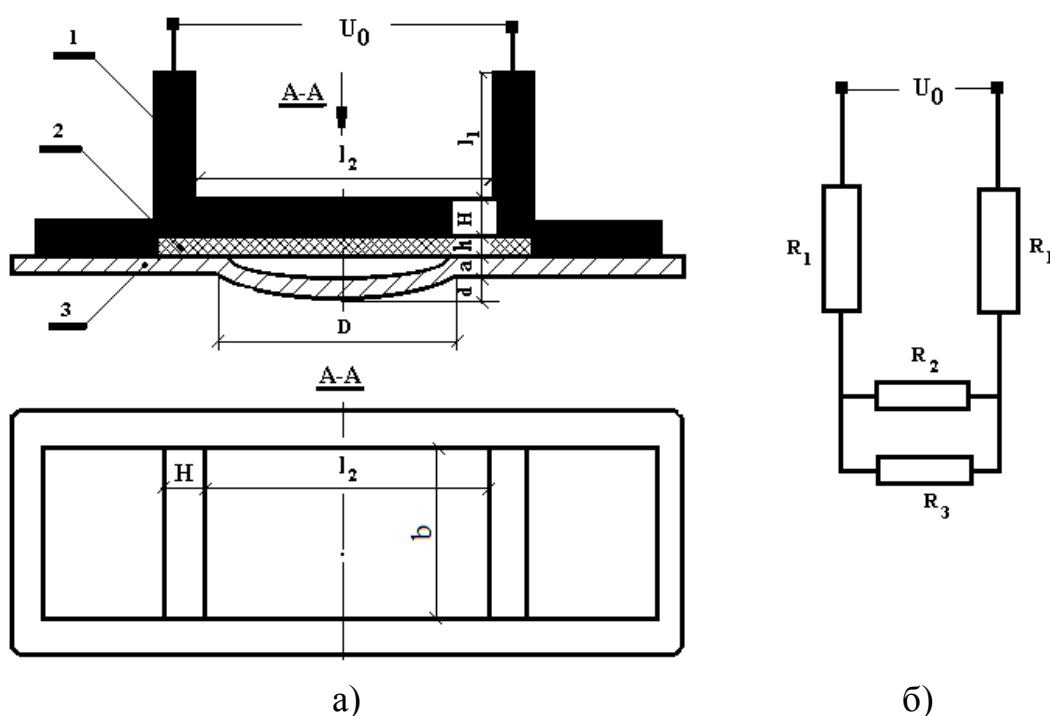


Рис.2 Расчётная модель; а) конструкция; б) электрическая схема замещения.

Найти:

- 1) Ток в индукторе – I_i , обеспечивающий развитие силового воздействия с амплитудой – F .
- 2) Температуры нагрева индуктора и заготовки при протекании тока в индукторе – I_i .

Расчётные соотношения.

При подключении напряжения к токопроводам индуктора в системе протекает суммарный ток – I , разветвляющийся по двум параллельным контурам, первый из которых – это основание витка (основной токопровод), второй – часть листовой заготовки, находящейся в рабочей зоне.

Ток в рабочей зоне витка (основание) – I_i , ток в заготовке (область вмятины в металле кузова) – I_w .

Общий ток – $I = I_i + I_w$.

Токи протекают в одном направлении, следовательно, между основанием витка индуктора и листовой заготовкой согласно рис.2а будет иметь место притяжение с силой – F , определяемой законом Ампера.

$$F = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot I_i \cdot I_w \cdot \frac{D}{(d+h)}, \quad (1)$$

где $(d+h)$ – расстояние между проводниками,

μ_0 – магнитная проницаемость вакуума, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\Gamma\text{Н}}{\text{м}}$.

При равенстве площадей основного токопровода и деформируемого участка заготовки токи в параллельных контурах, согласно электрической схеме замещения связаны, соотношением:

$$I_w = I_i \cdot \frac{1}{\alpha}, \quad (2)$$

где $\alpha = \frac{\gamma_i}{\gamma_w} \cdot \frac{H}{a}$.

Подставляя (2) в (1), находим, что заданную величину силы воздействия на листовую заготовку можно получить при токе:

$$I_i = \sqrt{2\pi \cdot \alpha \cdot \frac{F \cdot (d+h)}{\mu_0 D}} \quad (3)$$

Суммарное сопротивление индукторной системы (включая виток и заготовку) в соответствии с электрической схемой замещения при постоянном токе будет равно:

$$R = \frac{1}{\gamma_i} \cdot \frac{l_2}{H \cdot b} \cdot \left[2 + \frac{l_1}{l_2} \cdot \frac{\alpha}{1+\alpha} \right]. \quad (4)$$

Температуры нагрева индуктора и заготовки при протекании прямоугольного импульса тока с длительностью – t_i может быть вычислена по формулам:

а) индуктор,

$$\Delta T_i^o = \left(\frac{I_i}{b \cdot H} \right)^2 \cdot \frac{t_i}{\gamma_i \cdot \rho_i \cdot c_i}, \quad (5)$$

где ρ_i, c_i – плотность и удельная теплоёмкость материала индуктора;

б) заготовка,

$$\Delta T_w^o = \left(\frac{I_w}{b \cdot a} \right)^2 \cdot \frac{t_i}{\gamma_w \cdot \rho_w \cdot c_w}. \quad (6)$$

де ρ_w, c_w – плотность и удельная теплоёмкость материала заготовки.

Пример расчёта.

Задано:

1. Геометрия системы:

$$l_1 = l_2 = \dots м; b = \dots м; a = \dots м; H = \dots м;$$
$$d = \dots м, h = \dots м, D = \dots м.$$

Варианты для решения приведены в табл. 1

Таблица 1

№ варианта	$l_1, м$	$b, м$	$a, м$	$H, м$	$d, м$	$h, м$	$D, м$
1.	0,05	0,05	0,001	0,002	0,003	0,001	0,04
2.	0,04	0,04	0,0018	0,002	0,002	0,0015	0,04
3.	0,03	0,03	0,0016	0,002	0,0015	0,002	0,04
4.	0,045	0,045	0,0015	0,002	0,003	0,00175	0,04
5.	0,065	0,065	0,001	0,002	0,0035	0,0015	0,04
6.	0,075	0,05	0,0017	0,002	0,002	0,001	0,04
7.	0,06	0,06	0,0018	0,002	0,0025	0,0015	0,04
8.	0,07	0,05	0,0014	0,002	0,004	0,002	0,04
9.	0,035	0,04	0,0012	0,002	0,0035	0,00175	0,04
10.	0,055	0,045	0,001	0,002	0,002	0,0015	0,04
11.	0,08	0,06	0,0015	0,002	0,0015	0,001	0,04
12.	0,085	0,055	0,0017	0,002	0,0025	0,0015	0,04
13.	0,0575	0,04	0,0014	0,002	0,003	0,002	0,04
14.	0,0675	0,05	0,0016	0,002	0,002	0,00175	0,04
15.	0,0725	0,06	0,001	0,002	0,003	0,0015	0,04

2. Пусть виток индуктора выполнен из меди. Обрабатывается листовая заготовка из стали. Физические параметры металлов:

$$\text{медь} - \gamma_{Cu} = 6 \cdot 10^7 \frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{м}}, \rho_{Cu} = 9000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, c_{Cu} = 437 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}};$$

$$\text{сталь} - \gamma_{steel} = 0.15 \cdot 10^7 \frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{м}}, \rho_{steel} = 7500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, c_{steel} = 483 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}.$$

2. Необходимые силы притяжения по справочным данным:
 $F \leq 1000 H$.

Вычисления:

1) формула (2): $\alpha = \frac{\gamma_i}{\gamma_w} \cdot \frac{H}{a}$;

2) Ток в индукторе, формула (3):

$$I_i = \sqrt{2\pi \cdot \alpha \cdot \frac{F}{\mu_0} \cdot \frac{(d+h)}{D}} \cdot \text{кА.}$$

3) Ток в заготовке, формула (2):

$$I_w = \frac{I_i}{\alpha}, \text{кА.}$$

4) Нагрев индуктора, формула (5):

$$\Delta T_i^o = \left(\frac{I_i}{b \cdot H} \right)^2 \cdot \frac{t_i}{\gamma_i \cdot \rho_i \cdot c_i}$$

Во временном интервале – $t_i \leq 10^{-3} \text{с}$ повышение температуры нагрева должно составить $\sim \Delta T_i^o \leq \dots$

5) Нагрев заготовки, формула (6):

$$\Delta T_w^o = \left(\frac{I_w}{b \cdot a} \right)^2 \cdot \frac{t_i}{\gamma_w \cdot \rho_w \cdot c_w}$$

Во временном интервале – $t_i \leq 10^{-3} \text{с}$ повышение температуры нагрева должно составить $\sim \Delta T_i^o \leq \dots$