

тельных характеристик вакуумной сушки клубники в течение 12 месяцев. Исследуемые образцы анализировались 1 раз в квартал в течение года на предмет содержания витаминов и минералов. Так, потери витамина С в продуктах составляли всего 1,8% в месяц.

УДК 669.295.2

Селюта В. А.

## **ВЛИЯНИЕ МОДЕРНИЗАЦИИ УСТАНОВКИ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО АЗОТИРОВАНИЯ МОДЕЛИ AR-63-950-1400/3000 НА ВРЕМЯ ОТКАЧКИ КАМЕРЫ**

*ФТИ НАН Беларуси, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Латушкина С. Д.*

В настоящее время поступают запросы от предприятий на упрочнение длинномерных деталей методом ионного азотирования.

В конструкции дизелей большой мощности (500 и более л.с.) используются длинномерные (длина более 2000 мм) коленчатые валы, которые упрочняются путём азотирования. Для обеспечения возможности упрочнять длинномерные детали, мы модернизировали установку ионного азотирования модели AR-63-950-1400/3000. Модернизация заключалась в увеличении длины загрузки путём использования в конструкции камеры дополнительного промежуточного цилиндра.

Поскольку объём нашей камеры увеличится, то нужно проверить, на какую же величину возрастет время откачки камеры до остаточного давления 30 Па и нужно ли будет изменить вакуумную систему.

Для создания вакуума в камере используется насос двухроторный НВД-200 с быстротой откачки  $S_H = 50$  л/с, а для предварительного его разряжения используется насос золотниковый АВЗ-20Д с быстротой откачки  $S_H = 20$  л/с.

$P = 30 \text{ Па}$  для время откачки  $\Delta t = 35 \dots 37 \text{ мин}$  (установлено экспериментально).

Тогда, время откачки определяется по формуле:

$$\tau_{\text{отк}} = \frac{V}{S_{\text{эф}}} \cdot \ln \frac{P_1}{P_2}, \quad (1)$$

где  $\tau_{\text{отк}}$  – время откачки вакуумной камеры, ( $\tau_{\text{отк}}=36 \cdot 60=2160$  с);

$V$  – объём откачиваемого объекта, ( $V=4,170$ )  $\text{м}^3$ ;

$S_{\text{эф}}$  – эффективная быстрота откачки насоса,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$P_1$  – начальное давление, ( $P_1=10^5$  Па);

$P_2$  – конечное давление, ( $P_2=30$  Па).

Зная первоначальный объём камеры –  $4.170 \text{ м}^3$ , из формулы (1) вычисляем  $S_{\text{эф}}$ :

$$S_{\text{эф}} = \frac{V}{\tau_{\text{отк}}^1} \cdot \ln \frac{P_1}{P_2} = \frac{4,170}{2160} \cdot \ln \frac{10^5}{30} = 0,0157 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

Объём вакуумной камеры вычислим по формуле 2:

$$V = V_{\text{ц1}} + V_{\text{ц2}} + V_{\text{к}}, \quad (2)$$

где  $V_{\text{ц1}}$  – объём первого цилиндра,  $\text{м}^3$ ;

$V_{\text{ц2}}$  – объём второго цилиндра,  $\text{м}^3$ ;

$V_{\text{к}}$  – объём колпака,  $\text{м}^3$ .

Объёмы камер найдём по формуле (2):

$$V_{\text{к}} = V_{\text{ц1}} + V_{\text{ц2}} = V = \frac{\pi D^2 H}{4}, \quad (3)$$

где  $D$  – внутренний диаметр камеры, м;

$H$  – внутренняя высота камеры, м.

Тогда, увеличенный объём вакуумной камеры составит:

$$V = \frac{3,14 \cdot 1,25^2 \cdot 2,085}{4} + \frac{3,14 \cdot 1,25^2 \cdot 2,085}{4} + \frac{3,14 \cdot 1,25^2 \cdot 2,085}{4} = 6,255 \text{ м}^3$$

По формуле (1) вычислим время откачки уже увеличенного объёма камеры:

$$\tau_{отк2} = \frac{V_{ус}}{S_{эф}} = \frac{6,255}{0,0157} \cdot \ln \frac{10^5}{30} = 3231 \text{ с} = 54 \text{ мин.}$$

Из расчётов выше видно, что время откачки камеры увеличилось с 36 мин до 54 мин, но по сравнению с общим временем продолжительности процесса (около 20 часов) это изменение незначительно. К тому же во время азотирования не всегда будут использоваться колпак и два цилиндра, поэтому вакуумную систему изменять не требуется.

УДК 669.295.1

Селюта В. А.

## **ИОННОЕ АЗОТИРОВАНИЕ. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ИОННОГО АЗОТИРОВАНИЯ**

*ФТИ НАН Беларуси, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Латушкина С. Д.*

Ионно-плазменное (ионное) азотирование (ИПА) – это химико-термическая обработка деталей, обеспечивающая диффузионное насыщение поверхностного слоя различных металлов азотом в тлеющем разряде при давлении 90-400 Па.

Азотирование повышает твёрдость, сопротивление изнашиванию, контактную выносливость, сопротивление к схватыванию, теплостойкость и коррозионную стойкость разнообразных деталей машин.

Ионное азотирование является сейчас в промышленно развитых странах мира основным методом поверхностного упрочнения, который заменил традиционные варианты химико-термической обработки в виду своих неоспоримых преимуществ.

По сравнению с газовым азотированием ИПА обеспечивает: