

М484493

Государственный комитет СССР по народному образованию
Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена
Трудового Красного Знамени Высшее техническое училище
им. Н.Э.Баумана

НА ЛОУ
НЕ ВРАЩАЕТСЯ

На правах рукописи

СМИРНОВ Вактор Михайлович

УДК.621.9.06-52

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ СТЕКЛЯННЫХ ЗАГОТОВОК ЭВП
И РАЗРАБОТКА ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ОБОРУДОВАНИЯ

Специальность 05.27.07 - Оборудование производства
электронной техники

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 1989

Работа выполнена на Калашниковском электроламповом заводе

Научный руководитель -- доктор технических наук, профессор
А.Т.Александрова

Официальные оппоненты -- доктор технических наук, профессор
В.И.Куркин
-- кандидат технических наук
В.А.Варламов

Ведущее предприятие -- Государственный ордена Трудового
Красного Знамени научно-исследователь-
ский институт стекла -- ИИС, г. Москва

Защита состоится "10" 04 1989 года на заседании специа-
лизированного Совета К 053.15.01 в Московском ордена Ленина,
ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени
высшем техническом училище имени Н.Э.Баумана по адресу: Москва,
107005, 2-й Бауманский проезд, д. 5

Ваше предложение утверждено и заверенный пе-
чатью, _____ ИСТУ им.

С
Н.Э.Бау
Ав

г.

Ученый
специал
к.

Рябов

Зак . 3
Объем 1

З.
на

М 484793

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

Высокие темпы развития электроники, создание новых электронных приборов и необходимость их массового производства требуют разработки автоматизированного оборудования с высоким процентом выхода годных. Среди конкретных задач по совершенствованию технологии и оборудования заготовительного производства весьма актуальной является автоматизация стеклозаготовительных процессов.

Детали из стекла широко используются во многих современных электровакуумных, газоразрядных приборах и источниках света. При этом для разделения исходных материалов, например, стержней и трубок, на мерные заготовки применяется операция резания.

Известно несколько способов резания стекла, которые подразделяются на термические, термомеханические и механические. В последние годы на многих операциях внедрен метод резания материалов лучом лазера. Однако его появление не исключает применения в промышленности дешевых традиционных способов резания стекла. Для резания стеклянных заготовок диаметром до 6 мм промышленное применение нашли механические способы, базирующиеся в основном на производственном опыте.

Недостаточное освещение в технической литературе механизма разрушения стекла при резании механическими способами и отсутствие комплексных исследований процесса резания стекла с целью оптимизации режимов резания, гарантирующих качество заготовок, сдерживают внедрение в производство автоматизированного оборудования с высоким процентом выхода годных.

Разработка методики инженерного расчета режимов резания стекла и функциональных узлов оборудования имеют важное теоретическое и практическое значение. Решение поставленных задач позволит обосновать возможность управления процессом направленного разрушения стекла и сформулировать рекомендации по созданию роторного оборудования для резания стеклянных заготовок ЭВП.

Целью работы явилось проведение комплексных исследований по определению оптимального метода резания стеклянных заготовок и оптимизации режимов резания, гарантирующих требуемое качество заготовок; создание оборудования, повышающего уровень автоматизации стеклозаготовительного производства, улучшение условий

I

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1484793

Смирнов В.М. Исследование п

труда обслуживающего персонала и повышение надежности разрабатываемого оборудования.

В соответствии с поставленной целью на защиту выносятся:

1. Научно-обоснованные рекомендации по расчету режимов резания и параметров основных функциональных узлов оборудования.

2. Методика и результаты теоретических и экспериментальных исследований процесса резания стеклянных заготовок методом надрезания и разлома.

3. Результаты комплексных исследований по изучению характера разрушения стекла при резании заготовок методом надрезания и разлома и оптимизации режимов резания, гарантирующих требуемое качество заготовок.

4. Результаты этапов разработки роторного, многопозиционного оборудования для резания стеклянных заготовок.

5. Результаты исследований эксплуатационных характеристик надежности базовой модели разработанного оборудования.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА

При решении поставленной в настоящей работе задачи получен ряд новых результатов:

1. Предложены физические модели процесса резания стекла методом надрезания и разлома и математическая модель механизма разрушения стекла при внедрении ролика в поверхность заготовки и разделения заготовок на части путем отрыва.

2. На основе решения математической модели механизма разрушения стекла с учетом атомного механизма разрушения определены значения разрушающих напряжений.

3. Выведены аналитические и эмпирические зависимости для определения усилия P_y с учетом свойств стекла, параметров инструмента и режимов резания и кратковременной прочности стекла при разломе заготовок с учетом параметров надреза.

4. Исследованы и оптимизированы параметры доминирующего влияния режимов резания на качество заготовок, включая усилие давления ролика P_y и глубину надреза δ .

5. Разработана методика проектирования и инженерного расчета основных функциональных узлов оборудования и построения технологического процесса резания заготовок для осуществления оквзного автоматизированного производства.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Теоретические исследования процессов деформирования и разрушения стекла при надрезании и разломе заготовок проводились на основе атомного механизма разрушения математическим моделированием абсолютно упругого тела, в котором атомные связи упруго растягиваются вплоть до разрушения и линейно-упругого тела с консолью, изгибаемого сосредоточенной силой.

В процессе выполнения комплексных теоретических и экспериментальных исследований процесса резания стеклянных заготовок использовались методы аналитического расчета параметров резания с применением ЭВМ в соответствии с принятой моделью технологического процесса с учетом рассеяния характеристик разрушающих напряжений; экспериментального определения оптимальных параметров резания, гарантирующих качество заготовок; математической обработки экспериментальных данных с привлечением аппарата математической статистики и планирования эксперимента и проведения промышленного эксперимента.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ И РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

В результате выполнения работы:

1. Разработана методика инженерного расчета параметров резания, основных функциональных узлов и оборудования в целом.
2. С использованием результатов исследований процесса резания стеклянных заготовок ЭВП разработан и внедрен в производство комплекс оборудования, включающий устройство для резания дровяного стекла, полуавтомат резания штенгелей и станок отрезания деформированных концов стеклянных заготовок.
3. Основные конструкторские решения в разработанном оборудовании защищены авторскими свидетельствами № 400536 и 500191.
4. Внедрение выполненных разработок по оптимизации процесса резания стеклянных заготовок на предприятиях отрасли позволило не только автоматизировать процесс резания, но и гарантировать качество заготовок. При этом достигнуто снижение трудоемкости технологической операции в 2-3 раза, повышение производительности оборудования в 1,5-2 раза, снижение расхода весового стекла до 5%. Годовой экономический эффект от внедрения разработанного оборудования составил 51,3 тыс. рублей.

АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ

Результаты работы докладывались и были предметом обсуждения на научно-технической конференции "Пути повышения эффективности производства на химических и стекольных предприятиях области" (1976 год - г.Калинин); на отраслевом совещании-семинаре "Опыт и проблемы ускорения научно-технического прогресса на предприятиях области" (1986 год - г.Калинин); на научно-технических семинарах кафедр "Станки и инструменты" КИИ (1985 год - г.Калинин); "Электронное машиностроение и робототехника" МИЭМ (1987 год - г.Москва); на заседании секции НТС "Оборудование и технология производства источников света ВНИИИС" (1987 год - г.Саранск); на заседании НТС ГИПРОНИИэлектро (1986 год - г.Москва).

ПУБЛИКАЦИЯ

Основное содержание работы отражено в пяти печатных работах и 2-х авторских свидетельствах на изобретение.

ОБЪЕМ РАБОТЫ

Работа содержит 207 страниц, в том числе 19 таблиц, 41 рисунок, список литературы советских и зарубежных авторов из 93 наименований и приложение.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана актуальность комплексных исследований процесса резания стеклянных заготовок с целью оптимизации технологического процесса, гарантирующего качество заготовок и разработки автоматизированного оборудования; обоснована необходимость разработки методики инженерного расчета параметров резания и оборудования и излагаются основные положения диссертации, выносимые на защиту.

Первая глава диссертации посвящена анализу эффективности существующих способов резания стекла с точки зрения производительности и надежности оборудования и качества стеклянных заготовок ЭВП.

Специфика изготовления ЭВП предъявляет высокие требования к стеклянным заготовкам. Выбору оптимального метода резания заготовок, приемлемого для резания стержней и трубок, гарантирующего при оптимизации технологического процесса качество заготовок, предшествовали анализ особенностей и существующих

способов резания стекла, обобщение сведений по теории резания стекла и изучение характера деформирования и разрушения стекла под воздействием индентора; анализ напряженно-деформированного состояния стекла в зонах трещин и разрушения стекла путем отрыва.

При этом принято во внимание то обстоятельство, что выбранный метод резания стеклянных заготовок должен обеспечить возможность автоматизации технологического процесса, создания оборудования, быстроперенастраиваемого на типоразмеры заготовок и обеспечивающего возможность многостаночного обслуживания.

Всем перечисленным требованиям в наибольшей степени отвечает вариант механического способа резания стеклянных заготовок методом надрезания и разлома.

Однако отсутствие комплексных исследований технологического процесса с целью выявления возможности управления процессом направленного разрушения стекла при резании, оптимизации режимов резания и недостаточное освещение в технической литературе теоретических основ процесса резания стекла указанным методом сдерживают внедрение в массовое стеклозаготовительное производство ЭВП прогрессивного автоматизированного оборудования с высоким процентом выхода годных.

Во второй главе приведены теоретические основы процесса резания стеклянных заготовок методом надрезания и разлома.

Теория неупорядоченной трехмерной сетки указывает на присутствие в стекле тетраэдов SiO_4 (как и в кристаллах), но со значительной степенью разупорядоченности. Тетраэдры соединяются по углам (рис. I, а), образуя цепи с высокой степенью связи между ними, и заполняют пространство структурной сетки стекла. Анализ модели стекла показывает на размещение в нем микропустот (пузырьков газов порядка атомных размеров), возникающих в однородном расплаве оксидов и силикатов из-за тепловых флуктуаций при температуре стеклования. Эти микропустоты способствуют образованию микронеоднородной дефектной структуры стекла.

Механизм разрушения стекла при внедрении твердосплавного ролика тесно связан с механизмом деформирования его в микрообъектах в местах концентрации напряжений. При этом проявляются три релаксационных механизма:

- обратимая деформация структурной сетки стекла без разрыва связи $Si-O-Si$;

- диффузия ионов щелочных металлов, беспорядочно расположенных в промежутках структурной сетки стекла, вызванная приложенными напряжениями;

- течение сетки в целом.

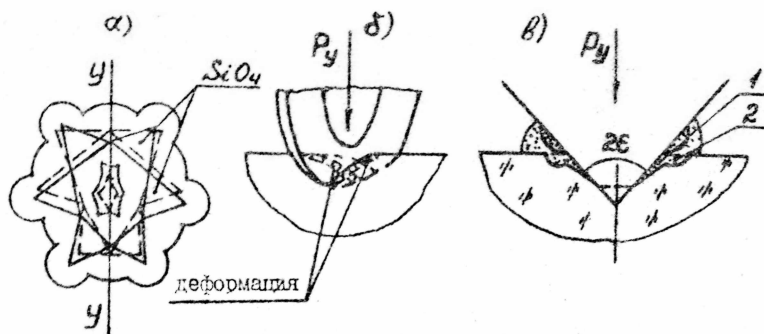


Рис. 1. Схемы деформирования и разрушения стекла:

а) искажение тетраэдрического кольца плавленного кварца; б) образование площадки смятия в зоне контакта твердосплавного ролика со стеклом; в) механизм взаимодействия ролика со стеклом:

1 ———— - пластически деформированная зона;
2 - - - - зона микротрещин и сколов

Деформирование структурной сетки происходит путем изменения натяжения связей $Si-O-Si$ и поворота жесткого тетраэдра вокруг соединительного иона O_2 . При этом связи $Si-O$, лежащие в направлении деформирования, будут straighten, а "выпрямленное состояние" будет соответствовать пределу упругости стекла.

На начальная стадия погружения твердосплавного ролика в поверхность заготовки связана со специфической вынужденно-эластической деформацией стекла, приводящей к образованию площадки смятия (рис. 1, б), без следов разрушения.

С увеличением глубины внедрения ролика в стекло на краях площадки смятия возникают нарушения в виде локализованных вдоль граней ролика микротрещин и наплывов (рис. 1, в). Изменение объема стекла происходит за счет ликвидации микропустот. При этом сетка как бы сворачивается в трубку в наиболее дефектных местах структуры без разрывов химических связей $Si-O-Si$.

Растрескивание поверхностного слоя стекла происходит

вдоль плоскостей максимального сдвига за счет остаточных напряжений σ_p и возникающего в зоне надреза "расклинивающего эффекта" при химической реакции стекла с влагой окружающей среды. Вытеснение части уплотненного слоя стекла из контактной зоны происходит вдоль граней ролика под воздействием напряжений τ_{ϕ} .

Для объяснения механики деформирования и разрушения стекла при резании в качестве математической модели принята модель идеально упругого тела, в котором атомные связи упруго растягиваются.

Приложенное внешнее напряжение σ (рис. 2, а), меньшее максимального значения σ_{max} , будет вызывать уравновешивающую силу сопротивления; напряжение $\sigma > \sigma_{max}$ и соответствующее расстоянию между атомами $z > z_0$ не может быть уравновешено и поэтому происходит разрушение.

Критическая область под кривой результирующей силы F для $z = z_0$ аппроксимируется частью синусоиды (рис. 2, б). При этом начальный участок кривой может быть представлен следующим уравнением

$$\sigma = \sigma_{max} \sin \frac{2\pi x}{R} = \sqrt{\frac{E \sigma_R}{z}} \sin \frac{2\pi x}{R}, \text{ МПа} \quad (1)$$

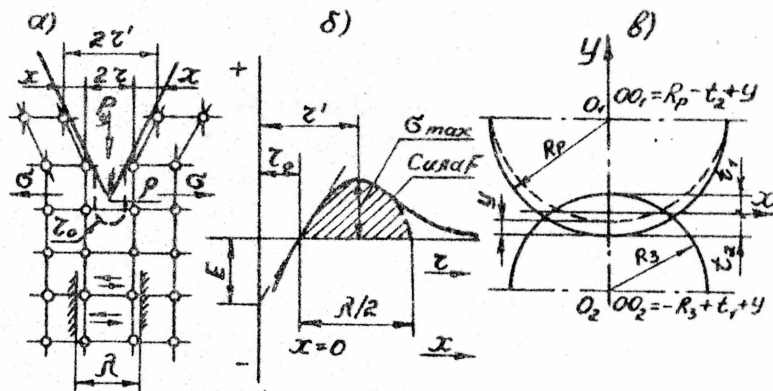


Рис. 2. Схемы к математической модели механизма разрушения стекла при надрезании:

- а) деформация структурной сетки; б) результирующая сила между атомами при синусоидальной аппроксимации; в) взаимное пересечение окружностей твердосплавного ролика и заготовки

где x - смещение атомов при деформировании структурной сетки стекла, $\text{\AA}$;

$\lambda/2$ - "дальнодействующие" связи, $\text{\AA}$;

E - модуль упругости Юнга, МПа;

σ_n - удельная поверхностная энергия, Эрг/см^2 ;

z - расстояние между атомами, $\text{\AA}$.

Величина гидростатического (всестороннего сжимающего) напряжения σ_n , возникающего в стекле при внедрении твердосплавного ролика, определяется из соотношения

$$\sigma_n = \frac{\sigma_{\max}}{K_{\sigma c} \cdot K_{\sigma n}} = \frac{\sqrt{E \sigma_n / z}}{K_{\sigma c} \cdot K_{\sigma n}}, \text{ МПа} \quad (2)$$

где $K_{\sigma c}$ и $K_{\sigma n}$ - коэффициенты концентрации напряжений, учитывающие соответственно свойства стекла и вид напряженного состояния.

Величина усилия P_y , приложенного к инструменту в процессе надрезания, определяется из соотношения

$$P_y = 2G_n \int dS_n (\sin \epsilon + \mu \cos \epsilon) = G_n S_g (\tan \epsilon + \mu), \text{ Н} \quad (3)$$

где dS_n - элементарная площадь поверхности контакта инструмента со стеклом, мм^2 ;

2ϵ - угол заострения твердосплавного ролика, град;

μ - коэффициент трения скольжения стекла о грани твердосплавного ролика;

S_g - площадь поверхности взаимного пересечения окружностей твердосплавного ролика и заготовки, мм^2 .

Величина S_g (рис. 2,б) определяется из соотношения

$$S_g = (t - R_p - R_3) x_0 + \frac{x_0^2}{2} \sqrt{R_p^2 - x_0^2} + \frac{R_p^2}{2} \arccos \sin \frac{x_0}{2} + \quad (4)$$

$$+ \frac{x_0^2}{2} \sqrt{R_3^2 - x_0^2} + \frac{R_3^2}{2} \arccos \sin \frac{x_0}{2}, \text{ мм}^2$$

где t - глубина надреза, мм;

R_p и R_3 - радиусы окружности твердосплавного ролика и заготовки, мм;

x_0 - расчетный параметр, определяемый из граничных условий, мм.

Механизм процесса разлома стеклянной заготовки на части (рис. 3, а) рассматривается в соответствии с теорией Гриффитса на основании баланса энергии разрушения. Условие начала раскрытия и прорастания магистральной трещины имеет вид

$$\frac{dU_s}{d\ell_{тр}} = - \frac{dU_e}{d\ell_{тр}} + \frac{dA}{d\ell_{тр}}; \quad U_s = U_e \quad (5)$$

где U_s - энергия, необходимая для образования новых поверхностей трещины, Эрг;

$\ell_{тр}$ - длина (глубина) трещины, мм;

U_e - энергия упругой деформации стекла, Эрг;

A - работа силы по раскрытию трещин, Эрг.

Величины напряжений, возникающих в стекле при разломе заготовки (рис. 3, б), определяются из соотношений

$$\left. \begin{aligned} \sigma_z &= \frac{\sqrt{24\gamma R_3 \gamma_p \cdot E J_R}}{W_z} \\ \sigma_y &= \frac{\sigma_z}{K_y}; \quad \sigma_e = \sigma_y [1 + 2\sqrt{t/\rho}] \end{aligned} \right\}, \text{ МПа} \quad (6)$$

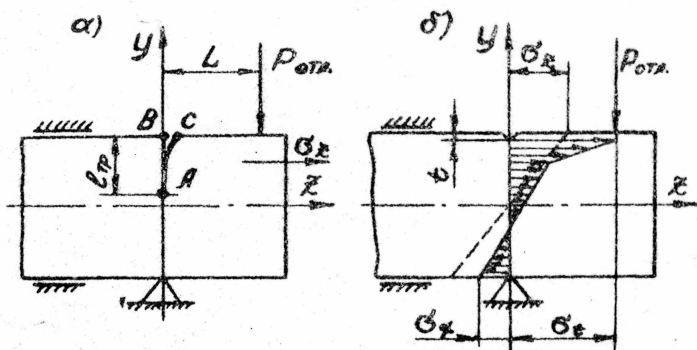


Рис. 3. Схемы к математической модели механизма разрушения стекла при разломе:

- а) разделение заготовки на части путем отрыва;
- б) распределение напряжений в сечении заготовки

- где σ_z - предельная прочность стекла на растяжение недеформированной заготовки, МПа;
- σ_y - разрушающее напряжение на растяжение стеклянной заготовки с надрезом, МПа;
- σ_c - локальное напряжение на дне надреза, МПа;
- R_z - радиус заготовки, мм;
- δ_p - удельная энергия излома, Эрг/см²;
- E - модуль упругости Юнга, МПа;
- J_z - момент инерции поперечного сечения заготовки относительно оси z , мм⁴;
- W_z - момент сопротивления поперечного сечения заготовки относительно оси z , мм³;
- K_y - коэффициент концентрации напряжений, учитывающий параметры надреза;
- c - глубина надреза, мм;
- ρ - радиус закругления дна надреза, мм.

В третьей главе описана методика теоретических и экспериментальных исследований процесса резания стеклянных заготовок методом надрезания и разлома и математической обработки результатов опытов. В процессе исследований использовались методы аналитического расчета параметров резания с учетом рассеяния механических характеристик стекла, статистического анализа результатов экспериментов с применением аппарата математической статистики и планирования эксперимента, экспериментального определения оптимальных параметров резания по критерию максимальной высоты неровностей профиля поверхности излома заготовки и проведения промышленного эксперимента на разработанном оборудовании.

Эксперименты по резанию стеклянных заготовок выполнены на лабораторной установке. При этом величина усилия P_y определялась по величине деформации пружин. Величины исследуемых параметров определялись как среднее значение из 5...7 опытов.

Для экспериментов использовались стержни и трубки из стекол марок С 97-I; С 40-I; С 58-I диаметром $D_z = 4$ мм. Надрезание заготовок осуществлялось роликами ВКЗМ диаметром $D_p = 6,5$ мм с углами заострения $80^\circ \dots 135^\circ$.

На рис. 4 приведены графики зависимости усилия P_y от па-

раметров резания. Отклонение экспериментальных значений исследуемых параметров от теоретических объясняется упругими свойствами стекла, снижением механических характеристик стекла под воздействием концентратора напряжений в виде надреза и масштабным фактором.

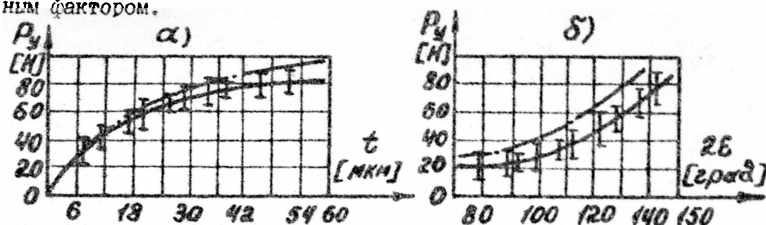


Рис. 4. Графики зависимости усилия давления P_y :

а) от глубины надреза t ; б) от угла заострения 2ϵ твердосплавного ролика (стекло С97-1; $H=5620$ МПа);

— — — — — теоретическая кривая; — — — — — экспериментальная кривая

В процессе исследований получена эмпирическая зависимость для определения величины усилия давления P_y , учитывающая свойства стекла, параметры твердосплавного ролика и режимы резания; дана оценка доминирующего влияния усилия давления P_y , глубины надреза t и угла заострения 2ϵ твердосплавного ролика на качество заготовок и определены оптимальные значения параметров резания, гарантирующих качество стеклянных заготовок ЭВП.

Уравнение для определения усилия давления P_y имеет вид

$$P_y = 0,348 \cdot 10^{-4} \sqrt{2\pi t} \cdot H^{0,50} (2\epsilon)^{0,45} \cdot \omega_s^{-0,9} \cdot K_p \cdot H \quad (7)$$

где t — глубина надреза, мкм;

H — микротвердость стекла, МПа;

2ϵ — угол заострения твердосплавного ролика, град;

ω_s — скорость подачи заготовок, м/мин;

K_p — коэффициент, учитывающий износ режущего инструмента.

Анализ полученных профилограмм поверхностей торцов (изломов) заготовок позволяет выявить оптимальные режимы резания.

Зависимость отклонений высот неровностей Ri_{max} профилей поверхностей торцов заготовок от глубины надреза t выражается следующим соотношением

$$Ri_{max} = \alpha_t \cdot m_t^2 + R_{0max}, \text{ мкм} \quad (8)$$

где α_t — коэффициент пропорциональности, зависящий от свойств

стекла, определяется по экспериментальным данным;
 $m_s = t_{opt} - t_s$ - диапазон оптимальных значений глубины надрезания;
 $R_{0 max}$ - начальное значение величины $R_{сумм}$, обусловленное систематическими погрешностями станка;
 t_{opt}, t_s - глубина надрезания соответственно при оптимальном и допускаемом значениях параметров резания.

В четвертой главе приводятся результаты разработки роторного оборудования для резания стеклянных заготовок. На рис. 5 приведена диаграмма этапов автоматизации процесса резания стеклянных заготовок.

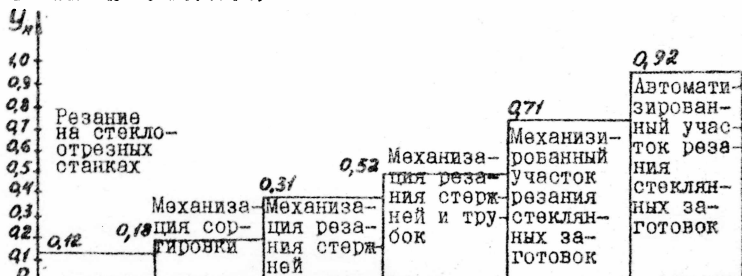


Рис. 5. Диаграмма этапов автоматизации процесса резания стеклянных заготовок

Уровень автоматизации всего процесса резания заготовок определяется из соотношения

$$У_а = \frac{P_m \cdot У_{нт} \cdot M \cdot П}{1 + P_m(1 - У_{нт}) + P_{mr} + P_r} \quad (9)$$

где P_m, P_{mr}, P_r - число рабочих, выполняющих работу соответственно механизированным способом, механизированным ручным инструментом и вручную;

$У_{нт}$ - уровень механизированного труда в общих трудозатратах;

M - коэффициент, учитывающий многостаночность обслуживания;

$П$ - коэффициент производительности оборудования.

Так как все операции по обработке стеклянных заготовок отличаются друг от друга спецификой процесса, технологической производительностью и конструкцией исполнительных механизмов, что затрудняет осуществление процесса резания заготовок в однопозиционной машине, то с целью увеличения производительности разрабатываемого оборудования и упрощения конструкции

та,
 сортировка заготовок по диаметру
 Выгрузка заготовок
 Отлом заготовок от обрабатываемого материала
 Надрезание обрабатываемого материала
 Доводка торцов заготовок
 Раскрытие обрабатываемого материала
 Загрузка обрабатываемого материала
 Закрепление обрабатываемого материала

Конструкция транспортирующего устройства определяется скоростью подачи заготовок на технологические операции и выполняется в виде карусели или барабана. Загрузочные устройства проектируются в соответствии с конструкцией транспортирующих устройств и выполняются в виде диска с загрузочными карманами, установленного над каруселью, или барабана, установленного параллельно транспортирующему устройству. Расчетные параметры загрузочных устройств определяются производительностью оборудования

$$S_d = \frac{S_M \cdot T \cdot Q_{\varphi} \cdot \ell_M}{\psi_{\pi} \cdot \ell_3}, \text{ мм}^2; \quad V_d = \frac{V_M \cdot T \cdot Q_{\varphi}}{\psi_{\pi}}, \text{ мм}^3 \quad (\text{IO})$$

S_n, V_n - соответственно площадь поперечного сечения и объем обрабатываемого материала;

l_1, l_2 - соответственно длина обрабатываемого материала и заготовки;

ψ_s, ψ_o - коэффициенты, учитывающие заполнение рабочей части бункера материалами соответственно площади и объема;

Q_p - фактическая производительность автомата.

Расчет зажимных механизмов сводится к определению сил, с которыми они должны удерживать обрабатываемый материал от смещения при транспортировке на технологические операции и в процессе обработки и к определению параметров механизма зажима

$$W/M = \sqrt{\left(\frac{2}{3} P_y + P_{отл}\right)^2 + (mQ)^2}, \text{ Н} \quad (II)$$

где W - суммарная сила закрепления обрабатываемого материала, распределенная по поверхности контакта фрикциона механизма зажима с обрабатываемым материалом, Н;

M - коэффициент трения скольжения обрабатываемого материала по фрикциону;

P_y - усилие давления твердосплавного ролика, Н;

$P_{отл}$ - усилие отлома, Н;

n - число однотипных узлов;

Q - вес обрабатываемого материала, г;

m - число отрезаемых заготовок, размещенных в зоне действия фрикциона механизма зажима.

Конструктивные параметры устройства для сортировки стеклянных заготовок по диаметру определяются скоростью потока, задаваемой производительностью оборудования

$$v_R = \frac{\pi d_g \cdot n_g \cdot \varphi \cdot \alpha}{60 \cdot 1000 \varphi}, \text{ м/с} \quad (I2)$$

где v_R - скорость потока заготовок, перемещаемых вращающимися валами, м/с;

K - коэффициент, учитывающий подвижность ведомого вала;

d_g, n_g - соответственно диаметр и частота вращения вала;

α - угол наклона валов, град;

φ - коэффициент трения скольжения заготовок по валам.

Для оценки работоспособности оборудования исследованы эксплуатационные характеристики надежности базовой модели устройства для резания стеклянного дрота [I].

В пятой главе приведены данные об экономической эффективности от внедрения разработанного комплекса промышленного оборудования для резания стеклянных заготовок, приведена методика расчета потребности производства в режущем инструменте и приведены технико-экономические показатели по расчету экономической эффективности.

Расчет потребности в режущем инструменте с учетом рассеяния его стойкости производится по формуле

$$N_p = \frac{A_n}{T} \left(\frac{m}{R_{\text{рас}} + 1} + R_c \right), \text{ шт.} \quad (13)$$

где A_n — программа выпуска заготовок, для которых рассчитывается расход инструмента, шт;

T — стойкость инструмента между переточками, выраженная количеством обрабатываемых заготовок, мин;

R — количество одновременно работающих инструментов данного вида, шт;

$R_{\text{рас}}$ — число возможных переточек инструмента;

R_c — число случайных выходов инструмента из строя за период стойкости.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Одним из путей повышения производительности и надежности оборудования производства изделий электронной техники является совершенствование технологии и оборудования стеклозаготовительного производства.

2. Для резания стеклянных заготовок диаметром до 6 мм рекомендуется механический способ методом надрезания и разлома, обеспечивающий возможность автоматизации технологического процесса и гарантирующий качество заготовок.

3. Разработанная математическая модель механизма разрушения стекла при резании может быть рекомендована для определения разрушающих напряжений, величина которых по расчетам составляет: $\sigma_b = 2200 \dots 3400 \text{ МПа}$; $\sigma_p = 60 \dots 90 \text{ МПа}$.

4. Усилие компенсирующей пружины механизма надрезания следует выбирать исходя из рекомендованного значения напряжения, площади контакта инструмента с заготовкой, параметров твердосплавного ролика и коэффициента трения скольжения стекла о грани ролика по предложенной в работе зависимости.

5. Координаты точек приложения полупругой опоры и фрикциона механизма отлома, обеспечивающие возможность направленного разрушения стекла, следует выбирать исходя из модели развития магистральной трещины, возникающей в стекле при изгибе заготовки с надрезом.

6. Создана научно-обоснованная методика расчета и проектирования роторного, многопозиционного оборудования, позволяю-

шая на основе параметров производительности выбрать параметры его отдельных механизмов – транспортирующих и загрузочных устройств, узла сортировки заготовок по диаметру.

7. Для резания стеклянных заготовок разработано роторное, многопозиционное оборудование производительностью до 120 тыс.шт/смену, легко переналаживаемое на типоразмеры заготовок, обеспечивающее возможность многостаночного обслуживания, которое эксплуатируется в промышленности более 10 лет. Основные конструкторские разработки оборудования защищены двумя авторскими свидетельствами.

8. Внедрение разработанного оборудования для резания стеклянных заготовок ЭВП позволяет автоматизировать техпроцесс, снизить трудоемкость технологической операции в 3...4 раза и гарантировать качество заготовок. Годовой экономический эффект от внедрения разработок автора в объединении МЭИЗ, на Калашниковском ЭЛЗ и др.предприятиях отрасли составил 51,3 тыс.руб.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. А.с. № 400536 / СССР /, МКИ² С03_В 33/06. Устройство для резки стеклянного дрота / В.М.Смирнов, Н.И.Петров, Н.А.Андрианов.- № 1689832/29-33; Заявл.26.07.71; Опубл. 21.01.74 //Б.И.-1974.- № 40.
2. А.с. № 500191 / СССР /, МКИ² С03_В 33/06. Устройство для резки стеклянного дрота /В.М.Смирнов, Н.И.Петров, Н.А.Андрианов.- № 1842377 / 29-33: Заявл. 22.04.72; Опубл. 07.05.76 // Б.И.-1976. № 3.
3. Смирнов В.М. Теоретические основы процесса механической резки дровяного стекла // Межвузовский сб. Технология производства электронных приборов.- М:- 1978.- Вып. I- С.144-151.
4. Смирнов В.М. Сортировка изделий из дровяного стекла по диаметру: Информационный листок / ЦНТИ.-Калинин, 1976.-3176.-4с.
5. Смирнов В.М. Метод анализа производительности действующего оборудования: Информационный листок / ЦНТИ.- Калинин, 1976.- № 216.- 6с.
6. Смирнов В.М. Способ резки стеклянных штабиков: Информационный листок / ЦНТИ.-Калинин, 1976.- № 292.- 3с.
7. Смирнов В.М. Метод оценки качества стеклянных заготовок: Информационный листок / ЦНТИ.- Калинин, 1987.- № 282.- 4с.

