

Программный продукт, разработанный на основе интерфейса «1С» удобен для пользователей, имеющих минимальную подготовку в области компьютерных технологий. Интерфейс программы позволяет с «рабочего стола» получить все основные данные, а так же через выбранные подсистемы попасть в интересующие пользователя справочники и документы. При работе с программой можно просмотреть созданные отчёты перед выводом их на печать. Созданная база данных защищена на общем уровне от несанкционированного доступа.

Предлагаемый программный продукт имеет ряд преимуществ:

- Имеет дружелюбный интерфейс;
- Не требует от пользователя особых знаний, для использования полного функционала программы;
- Позволяет решать ряд организационных вопросов эксплуатации техники;
- Оперативно производить экономические расчёты.

№	Операция	Единицы измерения	Объём работ	Объём работ уз. га	Начало операции
1	С/е позадержание	Га	1 500,12		49120.12.2011
2	С/е позадержание	Га	1 500,12		49121.08.2012
3	Закрытие влаги	Га	3 000,04		49125.04.2012
4	Подвозка воды для приготовления Т		950,04		4303.05.2012
5	Приготовление раствора	Т	135		4503.05.2012
6	Внесение гербицидов	Га	1 500,12		20403.05.2012

Рис. 2. Проектируемая технологическая карта растениеводства

Литература.

1. Корчуганова М.А. , Сырбаков А.П. , Захарова А.А. , Бережнов Н.Н. , Колегов П.С. Технологии удаленного доступа при проектировании оптимального плана эксплуатации машинно-тракторного парка // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011 - №. 45 – С. 91-95
2. Оптимизация проектирования и использования машино-тракторного парка / М. А. Корчуганова, А. П. Сырбаков // Инновационные технологии и экономика в машиностроении : труды VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 21-22 мая 2009 г., г. Юрга /ЮТИ ТПУ. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – С. 323-330

## ОСТАТОЧНЫЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ПАЙКЕ РЕЗЦОВ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫМ ПРИПОЕМ

*И.С. Кухарь, А.С. Бараксанов, студенты группы 10Б30*

*Научный руководитель: Валентов А.В.*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского*

*Томского политехнического университета*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

Способность инструмента выполнять свои функции во многом определяются реальными дефектами, которые возникают в процессе его формирования [1]. К наиболее опасным дефектам относят поры, включения инородных элементов, структурную неоднородность, разнотернистость, микро- и макротрещины.

Целью данного исследования является снижение остаточных и эксплуатационных напряжений при пайке резцов безвольфрамового твердого сплава на железоуглеродистый припой

Напряжения, возникающие в процессе формирования инструмента и его эксплуатации, могут привести к следующим последствиям:

- ✓ снижение прочности сцепления припоя и инструментального материала;

- ✓ ухудшение физико-механических свойств припоя и композиции инструментальный материал – припой – корпус инструмента в целом;
- ✓ формирование опасных внутренних микротрещин, способных при эксплуатационных нагрузках привести к разрушению инструмента.

Для оценки остаточных и эксплуатационных напряжений используют упрощенные и экспериментальные методики, а так же метод «конечного элемента».

Для определения напряжений, возникающих при пайке инструмента, примем следующие допущения:

- припой «идеально» совмещен с инструментальным материалом, смещений между ними не возникает;
- материалы припоя и инструмента анизотропны и подчиняются закону Гука;
- напряжения по длине контакта одинаковы.

Тогда полную деформацию можно записать в следующем виде:

$$\varepsilon_{\text{ТС}} = (\varepsilon_{\text{ТС}} + \varepsilon_{\text{П}}) \frac{h_{\text{ТС}} E_{\text{П}}}{h_{\text{ТС}} E_{\text{ТС}} + h_{\text{П}} E_{\text{П}}} \quad (1)$$

где  $\varepsilon_{\text{ТС}} + \varepsilon_{\text{П}}$  - полная деформация после процесса пайки;

$h_{\text{ТС}}$  и  $h_{\text{П}}$  - толщина пластинки твердого сплава и припоя соответственно;

$E_{\text{ТС}}$  и  $E_{\text{П}}$  – модули продольной упругости пластинки твердого сплава и припоя соответственно.

Среднее значение остаточного напряжения в пластинке может быть определено следующим выражением

$$\sigma_{0\text{ТС}} = (\varepsilon_{\text{ТС}} + \varepsilon_{\text{П}}) \frac{h_{\text{ТС}} E_{\text{П}}}{h_{\text{ТС}} E_{\text{ТС}} + h_{\text{П}} E_{\text{П}}} E_{\text{ТС}} \quad (2)$$

Тогда

$$\varepsilon_{\text{ТС}} + \varepsilon_{\text{П}} = \frac{P_{\text{ТС}}}{b h_{\text{ТС}} E_{\text{ТС}}} + \frac{P_{\text{П}}}{b h_{\text{П}} E_{\text{П}}} \left(1 + \frac{h_{\text{ТС}} + h_{\text{П}}}{2 \rho_{\text{ТС}}}\right) + \frac{h_{\text{ТС}}}{2 \rho_{\text{ТС}}} + \frac{h_{\text{П}}}{2 \rho_{\text{П}}} \left(1 + \frac{h_{\text{ТС}} + h_{\text{П}}}{2 \rho_{\text{ТС}}}\right) \quad (3)$$

где  $P_{\text{ТС}}$  и  $P_{\text{П}}$  – растягивающие силы в осевом направлении;

$b$  - ширина опорной площадки под пластинкой;

$\rho_{\text{ТС}}$  и  $\rho_{\text{П}}$  - радиусы кривизны пластины твердого сплава и припоя соответственно.

Так как  $P_{\text{ТС}} = P_{\text{П}}$ , то можно записать следующее

$$M_{\text{ТС}} + M_{\text{П}} = \frac{P_{\text{ТС}}}{2} (h_{\text{ТС}} + h_{\text{П}}) \quad (4)$$

где  $M_{\text{ТС}}$  и  $M_{\text{П}}$  - изгибающие моменты пластинки твердого сплава и припоя соответственно.

$$M_{\text{ТС}} = \frac{E_{\text{ТС}} J_{\text{ТС}}}{\rho_{\text{ТС}}}; \quad M_{\text{П}} = \frac{E_{\text{П}} J_{\text{П}}}{\rho_{\text{П}}} \quad (5)$$

где  $J_{\text{ТС}}$  и  $J_{\text{П}}$  - осевые моменты инерции пластинки твердого сплава и припоя соответственно;

$E_{\text{ТС}} J_{\text{ТС}}$  и  $E_{\text{П}} J_{\text{П}}$  - жесткость при изгибе пластинки твердого сплава и припоя соответственно.

При  $\rho_{\text{ТС}} = \rho_{\text{П}}$  уравнение (3) можно привести к виду

$$\varepsilon_{\text{ТС}} + \varepsilon_{\text{П}} = \frac{h_{\text{ТС}}^3 E_{\text{ТС}} + h_{\text{П}}^3 E_{\text{П}}}{6 \rho h_{\text{ТС}} (h_{\text{ТС}} + h_{\text{П}})} + \frac{h_{\text{ТС}}^3 E_{\text{ТС}} + h_{\text{П}}^3 E_{\text{П}}}{6 \rho h_{\text{П}} E_{\text{П}} (h_{\text{ТС}} + h_{\text{П}})} + \frac{h_{\text{ТС}}^3 E_{\text{ТС}} + h_{\text{П}}^3 E_{\text{П}}}{12 \rho^2 h_{\text{П}} E_{\text{П}}} + \frac{h_{\text{П}} + h_{\text{ТС}}}{2 \rho} \quad (6)$$

Подставив уравнения (2.4) и (2.5) в (2.6) получим

$$\sigma_{0\text{ТС}} = \left[ \frac{h_{\text{ТС}}^3 E_{\text{ТС}} + h_{\text{П}} E_{\text{П}}}{6 \rho h_{\text{ТС}} (h_{\text{ТС}} + h_{\text{П}})} + \frac{E_{\text{ТС}} (h_{\text{ТС}}^3 E_{\text{ТС}} + h_{\text{П}}^3 E_{\text{П}})}{12 \rho^2 (h_{\text{П}} E_{\text{ТС}} + h_{\text{П}} E_{\text{П}})} + \frac{E_{\text{ТС}} E_{\text{П}} h_{\text{П}} (h_{\text{ТС}} + h_{\text{П}})}{2 \rho (h_{\text{ТС}} E_{\text{ТС}} + h_{\text{П}} E_{\text{П}})} \right] \frac{1}{1 - \mu^2} \quad (7)$$

где  $\mu$  - коэффициент Пуансона в композиции твердый сплав – припой.

Следовательно, напряжение в пластинке плоской формы будет иметь вид

$$\sigma_{0\text{ТС}} = \frac{(\alpha_{\text{ТС}} + \alpha_{\text{П}}) \Delta T}{\frac{1 - \mu_{\text{ТС}}}{E_{\text{ТС}}} + \frac{1 - \mu_{\text{П}}}{E_{\text{П}}} \frac{h_{\text{ТС}}}{h_{\text{П}}}} \quad (8)$$

где  $\alpha_{\text{ТС}}$  и  $\alpha_{\text{П}}$  - коэффициенты линейного расширения материала твердого сплава и материала припоя соответственно;

$\Delta T$  - разница температуры окружающего воздуха и температуры пайки;

$\mu_{\text{ТС}}$  и  $\mu_{\text{П}}$  - Коэффициенты Пуансона для твердого сплава и припоя соответственно.

На основании анализа уравнений (7) и (8) можно сделать вывод о том, что согласование свойств припоя и твердого сплава прежде всего сводится к максимальному снижению разности коэффициентов линейного расширения  $\alpha_{\text{ТС}}$  и  $\alpha_{\text{П}}$ . Однако, соблюдение равенства этих коэффициентов практически невыполнимо, поэтому необходимо хотя бы соблюдать условие  $\alpha_{\text{ТС}} < \alpha_{\text{П}}$ . В этом случае в пластинке твердого сплава возникают напряжения сжатия, которые менее опасны с точки зрения возникновения хрупких трещин как на границе раздела твердый сплав- припой, так и по объему твердого сплава.

К уменьшению напряжений в твердом сплаве и на границе твердый сплав – припой приводит и снижение величин параметров  $E_{TC}$ ,  $E_{II}$  и  $\mu_{TC}$ ,  $\mu_{II}$  (7), так как при этом увеличивается жесткость инструмента и его способность сопротивляться упругим и пластическим деформациям.

Особенно опасны напряжения, возникающие в твердом сплаве при резкой смене температур на контактных площадках инструмента, что характерно для прерывистых процессов резания, обработке с заметными колебаниями припуска (в частности по наплавленной поверхности). Развивающиеся в твердом сплаве напряжения в этом случае можно оценить критерием Био [2].

$$Bi = \frac{h_{TC} \kappa}{2\lambda_{TC}} \quad (9)$$

где  $h_{TC}$  - толщина пластинки твердого сплава;

$\kappa$  - коэффициент теплообмена между окружающей средой и инструментом;

$\lambda_{TC}$  - теплопроводность твердого сплава.

Согласно критерию Био снижение термических напряжений в твердом сплаве может быть достигнуто при росте теплопроводности твердого сплава  $\lambda_{TC}$  и инструмента в целом или уменьшении толщины пластинки.

Лабораторные испытания твердых сплавов на износостойкость, результаты которых представлены на рисунке 1, показали высокую инстенсивность приработочного износа твердого сплава Т15К6 hз до 0,4 мм, по сравнению с твердым сплавом марки КНТ16 hз до 0,2...0,22 мм в зависимости от способа крепления пластинки твердого сплава. На втором этапе износ по задней поверхности сплава КНТ16, паянного на FeС припой, оставался практически постоянным, остальные образцы показали увеличение величины износа, особенно сильно для сплава Т15К6 с механическим креплением пластинки.

Высокая интенсивность приработочного износа связана с наличием дефектного поверхностного слоя до 0,1 мм, связанного с результатом взаимодействия поверхности твердого сплава с воздухом и флюсом во время высокотемпературного нагрева

Результаты испытаний подтвердили исследования авторов [3,4], что свидетельствует об отсутствии отрицательного воздействия на режущие и прочностные характеристики твердых сплавов при кратковременной ( $\approx 45$  сек.) высокотемпературной (около  $1180^{\circ}\text{C}$ ) пайке.

Положительным фактором тугоплавкости припоя следует считать то, что повышение температуры плавления ведет к резкому увеличению адгезии и диффузии с материалами паяемых элементов при хорошей растекаемости и смачиваемости. Это обуславливается достаточной энергией активации паяемых материалов, так как считается, что термодинамическая активность элементов становится существенно заметной только при  $T=2/3T_{пл}$ . относительно температуры плавления основных компонентов [5]. При этом более тугоплавкий припой будет в большей степени сохранять свои прочностные характеристики при повышенных эксплуатационных температурах.

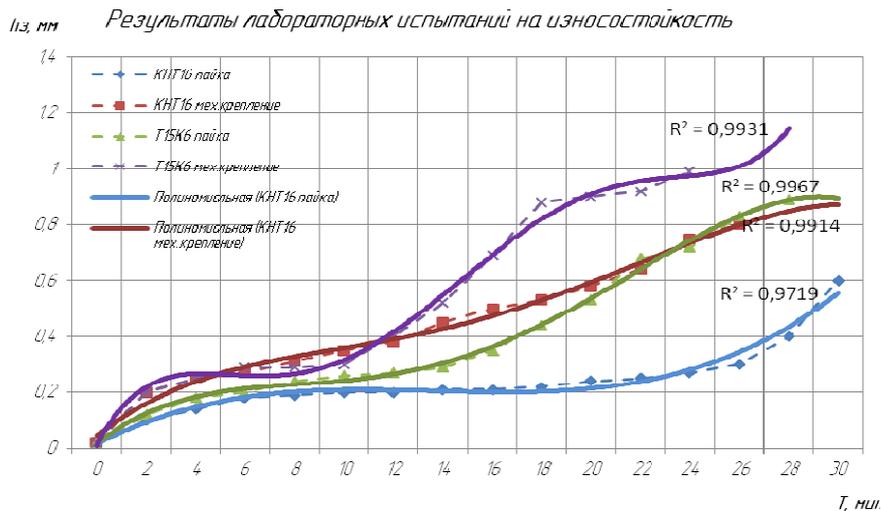


Рис. 1. Результаты лабораторных испытаний на износостойкость по критерию износа задней поверхности

Рассмотренные обстоятельства позволяют заключить, что рекомендации, связанные с ограничением температуры плавления инструментальных припоев ( $950-1100^{\circ}\text{C}$  по разным данным) связаны с отрицательным воздействием на инструмент как на соединение разнородных материалов, а не на

твёрдый сплав как инструментальный материал. В результате охлаждения в паяном соединении разнородных материалов неизбежно возникнут напряжения, которые будут тем больше, чем выше температура кристаллизации припоя.

Литература.

1. Верещака А.С. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями. –М.: Машиностроение, 1993. – 336с.: ил.
2. Ретюнский О.Ю., Валентов А.В., Соломатин П.А. Статистическая обработка результатов экспериментальных исследований течения поверхностей деталей горных машин, восстановленных наплавкой/Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. № S3. С. 250-254.
3. Валентов А.В., Ретюнский О.Ю. Использование резцов из безвольфрамового твёрдого сплава при обработке деталей горных машин, восстановленных наплавкой/Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. № S3. С. 245-249.
4. Валентов А.В., Коноводов В.В., Агафонова Е.В. Прогнозирование остаточных и эксплуатационных напряжений при пайке резцов для обработки наплавленных поверхностей/ Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2013. № 1 (26). С. 107-110.
5. Валентов А.В., Ретюнский О.Ю., Коноводов В.В. Повышение стойкости и производительности резцов при обработке поверхностей, восстановленных наплавкой// Механика XXI века. 2012. № 11. С. 395-399.

### **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТИПОРАЗМЕРОВ, ВИДОВ И КОНКРЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ МАШИН И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЗЕРНОСУШИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

*В.С. Романов, М.С. Манасян*

*ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»  
660049 г. Красноярск, пр-т Мира, 90, т. 227-59-71*

В настоящее время наблюдается большое разнообразие и различие, как условий работы, так и результатов функционирования зерносушильной техники, количество видов и типов которой значительно возросло в последние десятилетия. При этом нет не только методики «приведения сравниваемых условий и параметров к «единому знаменателю», так и в большинстве случаев и самого «базиса сравнения», за исключением понятия «плановая тонна зерна», введенного в нашей стране более 35 лет назад, подкрепленного двумя поправочными (переводными) коэффициентами и построенной на ее основе методике расчета потребной сушильной мощности.

В дополнение к существующей методике введены дополнительные поправочные коэффициенты как на условия (температурные на зерно и наружный воздух), так и на результаты работы (коэффициент накопления зерна перед сушилкой; эквивалентное количество удаленной влаги зерна), а также учет наличия системы охлаждения зерна в составе зерносушилки, системы аспирации, системы рециркуляции, предварительного подогрева зерна; вид и характеристика теплогенератора, работа его с подачей в сушильную камеру чистого воздуха, нагретый в теплообменнике (не содержащего продуктов горения) и т.п.

Применение предлагаемой разработки (в виде методики расчета, алгоритма и компьютерной программы) позволит зернопроизводителям более детально изучить структуру затрат на сушку, проводить объективное планирование работ по зерносушению, более внимательно изучать условия работы зерносушильной техники и более адекватно прогнозировать результаты работы, в том числе проводить сравнительную оценку зерновых сушилок.

В масштабе отрасли продолжение работы позволит выработать единые нормы удельной выработки и нормы расхода условного топлива для зерносушилок (независимо от вида используемого топлива, типа сушилки, просушиваемых зерновых культур, условий уборки, погодных условий, применяемой технологии сушки и др.).

Состав и структура зерносушильной техники в настоящее время находятся в процессе перехода на новые принципы и методы, более подходящие современным условиям; появились и продолжают совершенствоваться зерновые сушилки нового поколения.

В основе этого перехода лежат определенные принципы, среди которых, по нашему мнению, основными являются следующие:

- использование энергосберегающей техники и технологии, с применением дифференцированных режимов сушки, согласованных с назначением зерна, культурой и сортом, исходными параметрами по температуре, влажности и засоренности, с применением рециркуляции сушильных агентов, совершенствованием системы загрузки и разгрузки, с автоматизированным управлением скорости подачи сушимого материала, температуры агента сушки;