



Рис. 3. Схемы воздействия ионного потока на поверхность подложки: а) ионный пучок под  $90^\circ$ , б) ионный пучок под  $45^\circ$ , в) ионный пучок под  $0^\circ$

Анализ результатов экспериментов показывает, что при установке образцов под углами  $0^\circ$  и  $90^\circ$  шероховатость поверхности по отношению к исходной изменяется незначительно, при угле установки  $45^\circ$  параметр шероховатости возрос в 1,6 раза по сравнению с исходным. Это связано, на наш взгляд, с характером взаимодействия ионного потока с обработанной поверхностью. Угол атаки для образцов с установкой под  $45^\circ$  обеспечивает максимально интенсивное распыление поверхности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Козлов Ю. С. и др. Очистка изделий в машиностроении / Козлов Ю. С., Кузнецов О. К., Тельнов А. Ф. — М.: Машиностроение, 1982., — 264 с.

УДК 621.791.08:658.562.

Карпович Д.С., Макачук Д.В., Карпович С.С.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ СОСТАВНОГО ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Белорусский государственный технологический университет,  
Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Республика Беларусь

В деревообрабатывающей промышленности в настоящее время широко распространение получил составной инструмент, состоящий из несколь-

ких материалов. Резцы или зубья изготавливаются из высокопрочного теплоустойчивого материала, а корпус — из стали. При этом обеспечиваются как высокие механические и прочностные показатели при эксплуатации инструмента, так и относительно низкая стоимость изготовления такого инструмента. Данная статья посвящена вопросу определения таких параметров соединения материалов, при которых бы достигались максимальные прочностные показатели соединяемых материалов.

При изготовлении составного дереворежущего инструмента возможно воспользоваться различными способами крепления зубьев пилы на каркас пилы: с помощью механических приспособлений, с помощью клея и т.д. Однако наибольшее распространение получил метод соединения с помощью пайки.

Пайка обычно проводится в условиях атмосферы при нагреве выше температуры плавления припоя. Очевидно, что на свойства паяного соединения оказывает влияние величина перегрева, продолжительность нагрева, что в свою очередь связано со скоростью нагрева и скоростью охлаждения паяной зоны. Для надежного растекания припоя температура зоны пайки должна быть на 50-100 К выше температуры плавления припоя.

Корпус твердосплавного паяного инструмента обычно изготавливают из стали 40, 40Х, У7, 85ХФ, 9ХФ, критические температуры которых лежат в пределах 1000-1100 К, в этих пределах лежит и температура плавления медноцинковых припоев — 1100-1220 К. Следует обратить внимание, что небольшое уменьшение температуры пайки позволяет избежать фазовых превращений в стальном каркасе паяного инструмента. Для этого необходимо, чтобы температура плавления припоя с учетом перегрева была не выше 900 К.

Охлаждение зоны пайки осуществляется за счет отвода тепла в корпус инструмента и в воздух и осуществляется со скоростью 150–200 К/с, что составляет 1-1,5 с до прекращения свечения зоны пайки зуба дереворежущей круглой пилы. Анализ диаграмм термокинетического и изотермического превращений аустенита для сталей 40 и 85ХФ показывает, что эти условия обеспечивают критическую скорость закалки. Известно, что при закалке стали 9ХФ от температуры 1100 К обеспечивается прочность на разрыв 2250 МПа, а при закалке от температуры 1200 К — 1200 МПа. Сравнительно небольшой перегрев ведет к значительному снижению механических показателей за счет роста зерна, балла карбидной неоднородности, что на практике ведет к облому зубьев пил. Для снижения хрупкости зубьев в определенных случаях после пайки пилы подвергают отпуску.

Можно предположить, что условия нагрева твердого сплава при пайке тоже оказывают влияние на его механические и эксплуатационные показатели. В литературных источниках этот вопрос освещен недостаточно. Технология получения твердого сплава связана с его нагревом до температур выше

температуры пайки. Однако следует учитывать, процесс спекания твердого сплава осуществляется в восстановительной атмосфере, а при пайке ничто не препятствует непосредственному контакту между компонентами твердого сплава и кислородом воздуха.

Таким образом, представляет практический интерес выявить влияние хотя бы частичного ограничения окислительных процессов в процессе пайки на механические показатели твердого сплава.

Представляет интерес изучить влияние этих факторов, в частности температуры нагрева, скорости нагрева (К/с) и условий нагрева ( на воздухе, с флюсом, с флюсом и припоем ) на механические показатели и стали каркаса паяного инструмента.

Для изучения этих факторов на свойства твердого сплава и стальной основы паяного инструмента были проведены следующие эксперименты.

Испытываемые образцы представляют собой стандартные твердосплавные пластинки ВК15 размером 60x15x2 мм. Стальные образцы вырезались из полотна пилы, изготовленной из стали 9ХФ с размерами в области шейки 12x6x2 мм.

Нагрев образцов проводился за счет пропуска через них тока от регулируемого автотрансформатора. Температурный режим нагрева контролировался с помощью дистанционного датчика и электронного тиристорного управляющего устройства, отключающего ток при достижении заданной температуры.

Исучаемые параметры:

1. температура нагрева в пределах 1100–1500 К
2. скорость нагрева 50, 100, 200 К/с
3. условия нагрева — на воздухе, с флюсом на поверхности образца, с флюсом и припоем на поверхности образца.

Состав флюса: бура прокаленная — 65%, борный ангидрит — 15%, фтористый литий — 10%, фтористый натрий — 10%.

Припой — латунь Л63.

Механические испытания показали, что нагрев твердого сплава на воздухе до температуры 1300 К практически не влияет на  $\sigma_{\text{взг}}$  твердого сплава. Дальнейший нагрев до 1400 К ведет к значительному снижению прочности на 20–25%.

Если на поверхность твердого сплава наносился слой флюса наблюдалось некоторое увеличение прочности с  $\sigma_{\text{взг}} = 920$  МПа до  $\sigma_{\text{взг}} \approx 960$  МПа.

Нагрев с флюсом и припоем на поверхности твердого сплава увеличивает  $\sigma_{\text{взг}}$  до 1000 МПа. Это различие можно объяснить окислительными процессами на поверхности твердого сплава.

При нагреве на поверхности образцов образуется значительный по толщине слой оксидов под воздействием кислорода атмосферы. Наличие на по-

верхности образцов флюсов и особенно флюса и припой блокирует этот процесс, а некоторое увеличение предела прочности на изгиб можно объяснить тем, что флюс и припой уменьшают дефектность поверхностного слоя твердого сплава.

Скорость нагрева изменялась в пределах 50–200 К/с. Наибольшее снижение прочности наблюдалось во всех трех случаях при медленном нагреве со скоростью 50 К/с до температуры 1500 К. Время нагрева при этом составляет приблизительно 24 с. Приемлемой скоростью нагрева следует считать скорость около 150 К/с.

Одновременно с механическими испытаниями был проведен их микроанализ.

Нагрев даже при малых скоростях до 1500 К не вызвал заметных изменений структуры, не обнаружено изменений структуры и на фрактограммах излома. Это еще раз подтверждает, что изменение механических показателей образцов твердого сплава связано с изменением субмикроструктуры поверхности сплава, залечиванием поверхностных микродефектов.

Аналогичная схема испытаний была проведена с образцами из стали 9ХФ.

Характер изменения прочности такой же, как и при нагреве твердых сплавов, только влияние условий нагрева (на воздухе, под слоем флюса и под слоем флюса и припой) менее значительное. Фрактограммы излома свидетельствуют, что уменьшение механических показателей связано с увеличением зернистости стали. На это влияет не только величина нагрева, но и продолжительность выдержки при высокой температуре. Она должна быть сведена до минимума.

Значительным фактором, оказывающим влияние на механические показатели стального каркаса паяного инструмента, является последующий отпуск. Так, нагрев образцов из стали 9ХФ в пределах 1100–1300 К практически вне зависимости от условий нагрева в среднем обеспечивает  $\sigma_{\text{изг}} \approx 600$  МПа. Если после нагрева образец подвергнуть отпуску при 570 К, то обеспечивается увеличение  $\sigma_{\text{изг}}$  до  $\approx 980$  МПа.

В результате проведенных экспериментов можно сделать следующие выводы:

1. для сохранения механических свойств твердого сплава нагрев в зоне пайки не должен превышать 1200–1300 К
2. приемлемая скорость нагрева при пайке лежит в пределах 100–150 К/с, что обеспечивает минимальное влияние на механические показатели паяемых материалов
3. флюс можно вносить не только в зону пайки, но и на поверхность твердого сплава, что обеспечивает не только сохранение, но даже и некоторое увеличение механических показателей твердого сплава

4. для предотвращения фазовых превращений в стальной основе паяного твердосплавного инструмента и связанных с этим изменений механических показателей стальной подложки при разработке припоев желательнее, чтобы они имели температуру плавления не выше 900 К.

5. для значительного повышения механических показателей стального корпуса паяного твердосплавного инструмента необходимо проводить отпуск, особенно миниатюрного инструмента небольшого сечения, например, дереворежущих дисковых пил.

6. для обеспечения высоких механических показателей и стабильности качества, особенно многолезвийного твердосплавного паяного инструмента, необходимо осуществлять активный контроль за температурой и скоростью нагрева в зоне пайки.

УДК 621.088

Молочко В.И., Данильчик С.С.

## КИНЕМАТИКА ЭКСЦЕНТРИКОВЫХ ФРИКЦИОННЫХ МЕХАНИЗМОВ С ПОСТУПАТЕЛЬНО ПЕРЕМЕЩАЮЩИМСЯ ОПОРНЫМ ЗВЕНОМ

*Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Республика Беларусь*

Фрикционные механизмы с обычными цилиндрическими катками применяют для передачи вращения между параллельными валами с постоянным межшарнирным (межосевым) расстоянием  $L$ . У таких механизмов (рис. 1) величина  $L$  совпадает с межцентровым расстоянием (расстоянием между геометрическими центрами катков)  $l_{мц}$ ; т.е. в данном случае  $L = l_{мц} = R_1 + R_2 = const$ .

Известно, что для нормальной работы любых фрикционных механизмов должно быть обеспечено силовое замыкание высшей пары; достигается это либо сборкой катков с натягом, либо установкой одной из опор (на рис. 1 — опоры катка 2) на подвижном стержневом звене  $C$ , имеющим возможность вертикального перемещения относительно стойки под действием подпорной пружины 3. Второе конструктивное исполнение получило большее распространение на практике, так как величина силы прижима катков друг к другу в этом случае не зависит от величины износа рабочих поверхностей соприкасающихся катков.

Следует отметить, что в практике машиностроения, например, в металлургических и текстильных машинах, в различного рода упаковочных и дру-