

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ПРИПОЯ С АБРАЗИВОСОДЕРЖАЩИМ НАПОЛНИТЕЛЕМ ПО КРИТЕРИЮ ПРОЧНОСТИ НА РАСТЯЖЕНИЕ

Д. В. Никитенко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь

Научный руководитель М. И. Михайлов

Пайка твердосплавного инструмента припоями на основе меди обычно обеспечивала необходимую прочность паяного соединения, поэтому долгое время считалось, что технология пайки не требует дальнейшего усовершенствования. Единственной причиной поломок твердосплавных пластин, припаянных к корпусу инструмента, считали недостаточную прочность используемого твердого сплава, однако позже было доказано, что решающую роль в этом играют свойства припоя.

До настоящего времени потери из-за поломок твердосплавных пластин инструмента весьма велики. В среднем 40–50 % металлорежущего инструмента, изготовляемого в соответствии с существующими стандартами, теряется непроизводительно из-за поломок твердого сплава. Из них 10–15 % инструмента идет в брак уже при его изготовлении из-за образования трещин в твердом сплаве и 30–35 % выходит из строя в результате поломок изделий из твердого сплава при эксплуатации.

Паяные соединения твердых сплавов со сталями характеризуются как несогласованные, обусловленные резким различием физико-механических свойств соединяемых материалов режущей части и корпуса. Модуль упругости твердых сплавов в 2,5–3 раза выше, чем у стали. Коэффициент линейного расширения приблизительно в два с половиной раза меньше, чем у стали. Сопротивление твердых сплавов разрушению в большей степени зависит от схемы напряженного состояния. Сопротивление растяжению составляет всего 0,3 сопротивления сжатию и 0,5–0,7 сопротивления изгибу. Роль связующего звена между твердым сплавом и корпусом инструмента играет припой, от свойств которого и зависит напряженное состояние твердого сплава. Кроме того, припой является частью опорной зоны, обладающий меньшим модулем упругости и пределом текучести, чем стальная державка, что становится существенным под действием сил резания.

Разработано большое количество разнообразных припоев для пайки твердосплавного инструмента, но вопрос качества паяного инструмента остается открытым. Некоторые из припоев, например, на основе серебра или биметаллические позволяют выполнять качественную пайку твердосплавных пластин, но довольно дороги. В данной работе исследуются свойства припоя с абразивосодержащим наполнителем разработанным для пайки твердого сплава к стали. Исследован гранулометрический состав наполнителя, проведены испытания паяных соединений на растяжение.

Испытание паяных образцов на растяжение производили по методике, изложенной в ГОСТ 28830–90 «Соединения паяные. Методы испытания на растяжение и длительную прочность». Диаметр образца 15 мм (площадь паяного соединения 171, 74 мм²). Материал изготовления образцов Сталь 40Х. Испытания проводили с помощью программно-технического комплекса ИР 5143-200. Скорость нагружения паяного образца при испытаниях 1 мм/мин.

Образцы нагружались до полного разрушения паяного соединения. Программно-технический комплекс позволяет выводить графики изменения удлинения образца от силы и протоколы испытания на компьютер для дальнейшей обработки.

Пайку образцов для испытания выполняли на установке ТВЧ с частотой 22 кГц. Образцы паялись при вертикальном расположении стыка. Температура нагрева под пайку составляла 920–960 °С. В качестве флюса использовалась смесь флюса марки Ф100 и обезвоженной буры смешанных в соотношении 1:1. Флюс Ф100 состоит из борфторида калия (KBF_4) 46,5 %, тетраборида натрия (Na_2BO_7) 36,5 %, вольфрамового ангидрида (WO_3) 13,5 % и окиси кобальта (Co_2O_3) 3,5 %. Температура плавления флюса 500 °С, интервал активности 900–1100 °С.

В качестве основы (матрицы) припоя использовали двойную латунь марки Л63 в виде порошка из стружек, полученных фрезерованием. В основу припоя добавляли абразивосодержащий наполнитель из материалов различных марок и различной зернистости.

Количество наполнителя варьировало на трех уровнях 5, 10 и 20 % от массы основы припоя. В качестве наполнителя использовали абразивные материалы из электрокорунда белого марок 25А, 23А, 15А с зернистостью 16, 25 и 40 (160, 250 и 400 мкм). Наполнитель перед добавлением в припой обжигали в печи при температуре 600 °С для удаления загрязнений. Для каждого состава припоя изготовили по три образца. Таким образом было испытано 36 образцов с абразивосодержащим наполнителем. Еще три образца изготовили из базового припоя без наполнителя для сравнения механических свойств припоев. Прочность паяного соединения на растяжение определяли путем делением усилия разрушения на площадь поверхности паяного шва. Средняя прочность паяного соединения при пайке припоем без наполнителя по результатам трех испытаний составляет 153,9 МПа. По результатам испытаний прочности паяных соединений на растяжение построена гистограмма (рис. 1).

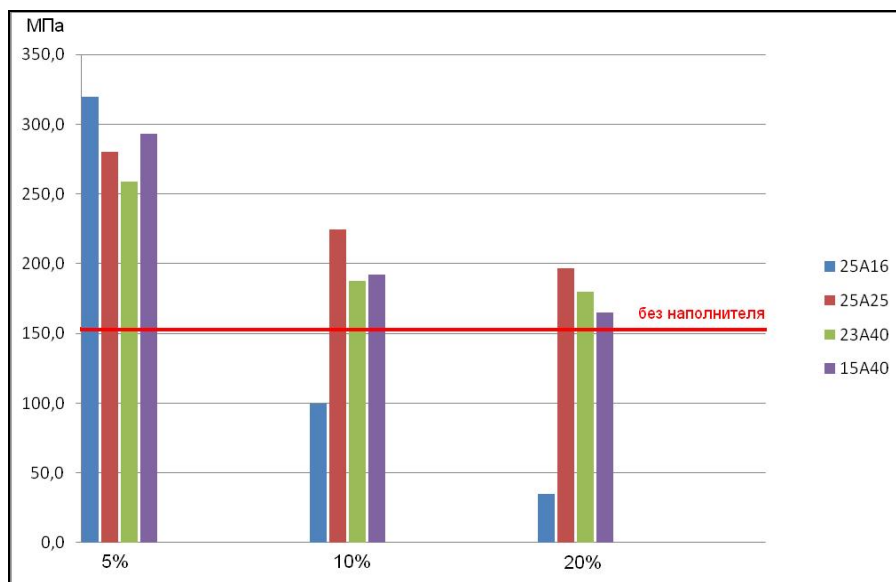


Рис. 1. Гистограмма результатов испытания паяных соединений на растяжение

Анализируя гистограмму (рис. 1) совместно с фотографиями изломов паяных соединений (рис. 2), можно сделать вывод, что добавка абразивосодержащего наполнителя повышает прочность паяного соединения.

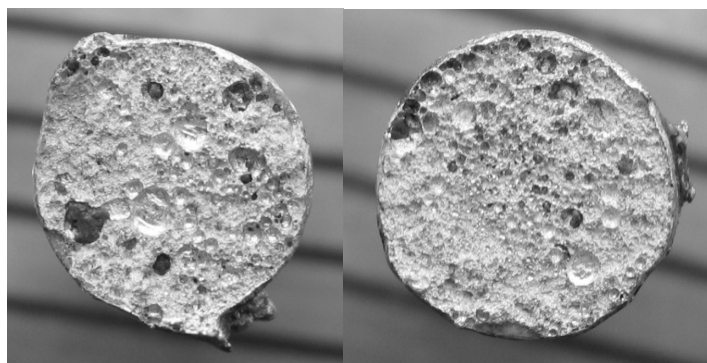


Рис. 2. Излом паяных образцов после испытания на растяжение

Увеличение содержания наполнителя свыше 5 % разветвляет и увеличивает систему капилляров, не успевающую смачиваться легкоплавкой частью припоя, что приводит к ухудшению паяльных свойств композиционного припоя. Однако снижение прочности при испытании на растяжение происходит нелинейно и даже при содержании наполнителя в 20 % прочность припоя с наполнителем выше, чем прочность припоя без наполнителя.

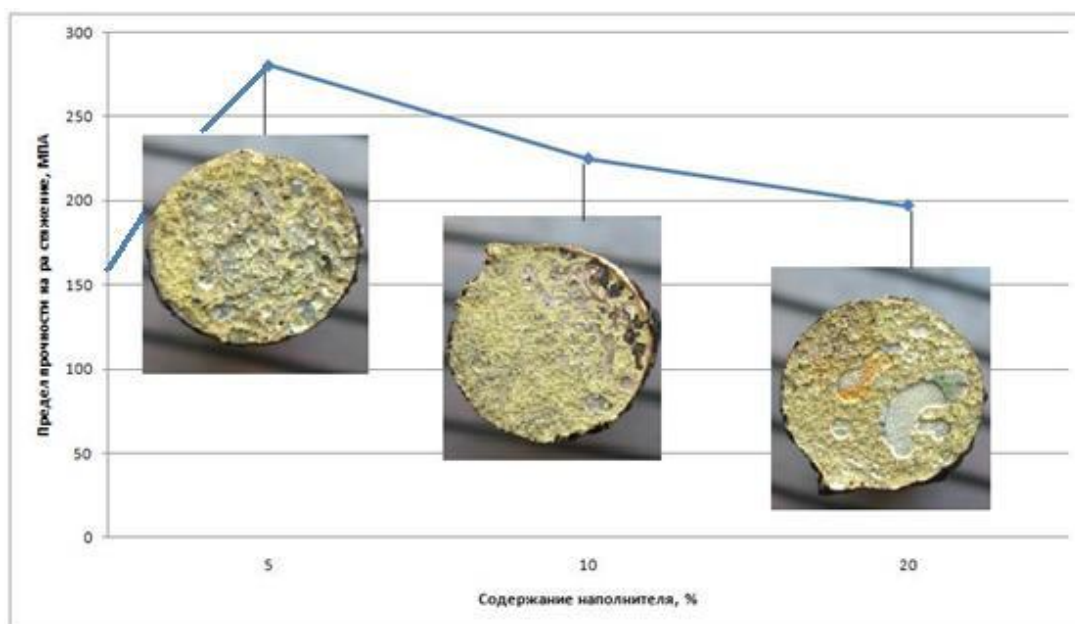


Рис. 3. График зависимости предела прочности при испытании на растяжение от содержания наполнителя марки 25A25

На рис. 3 показан график зависимости предела прочности на растяжение (наполнитель 25A25). К каждой точке графика сопоставлен наиболее характерный излом паяных образцов. Анализируя указанный график, можно сделать вывод о том, что добавка наполнителя увеличивает прочность припоя наиболее значительно при его содержании не более 5 %. С увеличением содержания наполнителя прочность припоя падает нелинейно и при содержании наполнителя в 10 и 20 % различия в прочности не так велики как при 5 и 10 %, несмотря на то, что площадь паяного шва, занимаемая латуной, значительно меньше. Это позволяет заключить, что при добавке наполните-

ля образуется новое химическое соединение. Кроме того, наполнитель влияет на кристаллизацию паяного шва, зерна наполнителя являются центрами кристаллизации. Добавка в припой абразивосодержащего наполнителя повышает прочность припоя на растяжение до двух раз. Раздельный выбор свойств наполнителя и связки открывает широкие возможности для управления всеми свойствами паяного соединения и в первую очередь его прочностью и пластичностью.