

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КОМБИНИРОВАННОГО НАГРУЖЕНИЯ  
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРИПОВЕВ РАЗЛИЧНОГО ТИПА  
ИЗ СТРУЖКИ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ**

**Богданов Д.В.**

**Научный руководитель – доцент Загиров Н.Н.**

***Сибирский федеральный университет***

При производстве различного рода металлопродукции в последнее время все чаще встает вопрос о применении ресурсо- и энергосберегающих технологий. В частности, при разработке припоев различного типа одним из путей решения вопроса экономии дорогостоящих составляющих является использование в качестве сырья сортной сыпучей стружки цветных металлов - компонентов получаемого сплава. Стружка в данном случае является технологическим отходом, образующимся при выполнении основных операций изготовления изделий из этих сплавов, связанных с механической обработкой, таких как распиловка, фрезеровка и т.д.

При производстве припоев из рассматриваемого вида сырья встает вопрос о выборе наиболее рационального метода переработки стружки в изделия. Перспективным с экономической точки зрения, но пока почти не применяемым на практике, является способ, основанный на смешивании стружки разных компонентов в определенной пропорции и компактировании приготовленной смеси в изделия, минуя их переплав. При этом для того, чтобы полученный таким способом припой обладал всеми необходимыми характеристиками, должен соблюдаться ряд условий: 1) частицы стружки должны быть достаточно мелкого размера и соответствовать строго определенной марке; 2) в момент приготовления смеси все ее компоненты должны быть максимально равномерно распределены по объему, то есть должно быть произведено качественное перемешивание составляющих материала между собой; 3) в конечном итоге, свойства полученного изделия должны быть максимально однородными по всему его объему, что является следствием как выполнения предыдущих двух условий, так и соблюдения дополнительного ряда факторов, касающихся технологии компактирования.

Если соблюдение первых двух условий не вызывает особо сложных вопросов, то выполнение третьего требует тщательного научного подхода. Традиционно компактирование производится путем засыпки навески стружки в пресс-форму, нагрева ее вместе с пресс-формой до определенной температуры и сжатия заданным усилием путем осевого перемещения подвижного пуансона. Однако данный метод не обеспечивает равномерности проработки материала по всему объему полученного полуфабриката, вследствие чего было предложено использовать комбинированное нагружение заготовки (сочетание осевого и вращательного движений) взамен однокомпонентного. Реализация данной схемы в условиях действия всесторонних сжимающих напряжений открывает новые перспективы с точки зрения получения заготовок и полуфабрикатов, обладающих специфическими физико-механическими свойствами. При этом операцию сжатия с кручением можно в одних случаях рассматривать как финишную, когда речь идет о получении припоев в виде таблеток. В других она будет считаться промежуточной, поскольку окончательные вид и свойства припой будет приобретать после проведения таких операций ОМД, как экструзия, прокатка, волочение, штамповка и др.

Реализация указанной схемы компактирования предполагает использование специального гидравлического пресса, оснащенного независимым приводом вращения одной из рабочих плит. Такое оборудование в виде универсальной испытательной машины усилием 400кН было поставлено на кафедру «Обработка металлов давлением» в рамках утвержденных по СФУ инновационных образовательных программ.

Так как уже в момент образования при обработке резанием частицы стружки приобретают специфическую форму и определенную совокупность упругопластических и прочностных характеристик, отличающих их по этим признакам от порошков или гранул, то получить качественную заготовку в холодном состоянии при ограниченном усилии сжатия возможно лишь при крайне малых диаметре и высоте заготовки. Снижения сопротивления деформации и повышения пластических свойств стружки можно добиться применяя обработку при температурах, превышающих температуру начала рекристаллизации материала стружки.

В большинстве случаев для снижения температуры плавления припойных сплавов одним или несколькими компонентами их являются более легкоплавкие металлы. Температура плавления некоторых из них может быть ниже температуры начала рекристаллизации металла основы. Вследствие этого нагрев составленной композиции при компактировании стружки может происходить как в твердой фазе, так и в присутствии жидкой фазы. Нагрев в присутствии жидкой фазы в большинстве случаев приводит к активации уплотнения и обеспечивает получение изделий с малой или даже нулевой пористостью и высокими свойствами. Однако в некоторых случаях легкоплавкая составляющая при нагреве ведет себя по-другому, образуя за счет диффузии и других физико-химических процессов более тугоплавкие фазы и приводя нагрев стружковой композиции к обычному виду.

При реализации схемы сжатия с кручением происходит как осевое, так и тангенциальное перемещение стружковой массы заготовки. Причем характер тангенциального деформирования определяется значениями активных сил трения, действующих на контакте заготовки с вращающимся пуансоном, которые определяют глубину проникновения сдвиговых деформаций от вращения пуансона.

При гладкой рабочей поверхности пуансона сдвиговая деформация от вращения пуансона будет концентрироваться вблизи поверхности контакта, а не проникать вглубь заготовки. То есть эффект дополнительной проработки структуры будет сосредоточен в достаточно тонком слое, а следовательно в таком варианте данную схему нагружения целесообразно использовать только для получения припоя в виде таблеток толщиной 2..3 мм. При этом диаметр формируемого припоя принципиального значения не имеет, за исключением требования по минимальной величине приложенного напряжения сжатия, рассчитываемого как отношение силы сжатия к площади поперечного сечения рабочего канала контейнера пресс-формы.

В случае же, если рабочие поверхности пуансонов выполнены рифлеными, глубина проникновения сдвиговых деформаций зависит от силы сцепления рифлений пуансона с торцевой поверхностью заготовки и действующих на боковой цилиндрической поверхности заготовки реактивных сил трения. Для эффективного осуществления такого варианта реализации схемы сжатия с кручением необходимо обеспечение соответствующих условий для передачи крутящего момента от вращающегося пуансона телу заготовки, исключающих срез поверхностного слоя ее по гребню выступов. А для этого трение на контакте заготовки с контейнером должно быть минимальным.

Проведенное экспериментальное опробование и выявленные при этом особенности поведения материала позволили сделать предварительный вывод о перспективности получения припоев различного типа из стружковых материалов методом компактирования с применением схемы сжатия с кручением. Данная продукция будет востребована во многих отраслях промышленности, в частности в тех процессах, где предусмотрено получение паяных соединений.