

**ВАРИАТИВНОСТЬ ПОВЕДЕНИЯ МАТЕРИАЛА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ
ЗАГОТОВКИ ИЗ СТРУЖКИ МЕДИ КОМБИНИРОВАННЫМ НАГРУЖЕНИЕМ**

Богданов Д.В., Шереметьев А.В., Голиков А.С.

Научный руководитель – доцент Загиров Н.Н.

Сибирский федеральный университет

При решении задач интенсификации заготовительного производства важную роль играют ресурсосберегающие технологические процессы, в основу которых положено комбинированное нагружение заготовки (сочетание осевого и вращательного движений) взамен однокомпонентного. Реализация данной схемы в условиях действия всесторонних сжимающих напряжений с одновременным использованием в качестве исходного сырья сортных сыпучих стружковых отходов цветных металлов и сплавов открывают новые перспективы с точки зрения получения заготовок и полуфабрикатов, обладающих специфическими физико-механическими свойствами. Кроме того, создание методов интенсивной пластической деформации кручением стало, наряду с разработкой способов равноканально-углового прессования, одним из наиболее активно развивающихся направлений в области нанотехнологий.

В работе процесс кручения под высоким давлением с одновременным осевым сжатием использовали для получения заготовки из мелкой сыпучей стружки меди, образующейся при распиловке на мерные длины прессованных прутков с помощью ленточной пилы.

Естественно реализация указанной схемы компактирования предполагает использование специального гидравлического пресса, оснащенного независимым приводом вращения одной из рабочих плит. Такого типа оборудование в виде универсальной испытательной машины усилием 400кН было поставлено на кафедру «Обработка металлов давлением» в рамках утвержденных по СФУ инновационных образовательных программ. Машина оснащена торсионным приводом с максимальным крутящим моментом 1000 Н·м, установленным на верхней подвижной траверсе с возможностью вращения на угол $\pm 180^\circ$.

Заготовки, получаемые этим методом из стружки, имеют форму цилиндра или диска, высота которых в предельно уплотненном состоянии зависит от температурно-деформационных условий протекания процесса. При холодном компактировании достичь такого состояния при ограничении по усилию прессования можно только на небольших диаметре и высоте заготовки. Это объясняется тем, что уже в момент образования при обработке резанием частицы стружки приобретают специфическую форму и определенную совокупность упруго-пластических и прочностных характеристик, отличающих их по этим признакам от порошков или гранул.

Снижение сопротивления деформации и повышение пластических свойств стружки, приводящих одновременно к увеличению габаритов получаемых прессовок, можно добиться применяя обработку при температурах, превышающих температуру начала рекристаллизации материала стружки. При этом нельзя перейти порог температур, после которого происходит интенсивное окисление поверхности частиц стружки. Для меди, в этой связи, оптимальным можно считать интервал температур 300...400°C.

При сжатии с кручением сыпучей массы, помещенной в нагретую до заданной температуры пресс-форму, происходит как осевое, так и тангенциальное деформирование стружковой заготовки. Причем характер тангенциального деформирования определяется значениями активных сил трения, действующих на контакте заготовки с вращающимся пуансоном.

Если рабочая поверхность пуансона выполнена достаточно гладкой, то сдвиговая деформация от вращения пуансона в основном локализуется вблизи контактной поверхности, не проникая вглубь заготовки. Таким образом, эффект дополнительной проработки структуры будет сосредоточен в достаточно тонком слое, и целесообразность использования рассматриваемой схемы деформирования, с этой точки зрения, ограничивается получением дисков толщиной не более 2..3 мм. Кручение должно производиться при полном отсутствии на контакте следов смазочных материалов, оксидов и других посторонних веществ. В противном случае будет происходить проскальзывание вращающегося пуансона относительно заготовки, а весь положительный эффект может ограничиться лишь незначительным снижением силы деформирования для достижения заданной степени уплотнения заготовки, и некоторым «сглаживанием» эпюры нормальных напряжений.

Другая картина наблюдается, если рабочие поверхности пуансонов выполнены рифлеными. В этом случае вследствие достижения равенства на контакте и вблизи его между максимальным касательным напряжением и предельным напряжением сдвига на верхней периферийной части заготовки появляются пластические деформации сдвига. Это приводит к неравномерному распределению сдвиговой деформации, поскольку центральная часть заготовки воздействию от скручивания практически не подвергается. Высота проникновения сдвиговых деформаций зависит от силы сцепления рифлений пуансона с торцевой поверхностью заготовки и действующих на боковой цилиндрической поверхности заготовки реактивных сил трения. Негативным проявлением влияния первого из указанных факторов может явиться срез материала заготовки по гребню выступов рифленой поверхности пуансона, в результате чего последующее вращение пуансона будет сопоставимо с эффектом вращения пуансона с гладкой рабочей поверхностью. Для снижения же трения на боковой поверхности заготовки необходимо обеспечить качественную обработку рабочей поверхности контейнера пресс-формы и тщательный подбор типа теплостойкой смазки. В совокупности оба этих фактора определяют максимальную высоту деформируемых по схеме сжатия с кручением заготовок.

Экспериментальная проверка приведенных выше рассуждений в целом подтвердила правильность высказанных предположений. Образцы заготовок, общий вид которых показан на рисунке, подверглись всестороннему изучению на предмет оценки уровня физико-механических характеристик материала и происходящих в нем структурных изменений. Обобщение всех полученных данных позволило наметить области предпочтительного использования продукции, изготовленной по схеме сжатия с кручением, среди которых основными, на наш взгляд, являются контакт-детали, применяемые в электротехнической промышленности и прочих отраслях промышленности.