

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОЛУЧЕНИЯ ПРЕССОВАННЫХ ПРУТКОВ ИЗ СТРУЖКИ СИЛУМИНА С ВВЕДЕНИЕМ В ЕЁ СОСТАВ ПОРОШКОВЫХ ЧАСТИЦ.

**Бурмистров К.В., Гигель И.Н., Ольховик А.Я., Свистун А.В.,
Научный руководитель доцент, к.т.н. Загиров Н.Н.
Сибирский федеральный университет.**

Одной из задач, стоящих перед производителями, занятыми в сфере изготовления определенного рода металлопродукции, например, литых дисков колес, является рациональное использование образующихся при механической обработке отливок отходов в виде стружки и опилок. Чем мельче стружка, тем технически труднее и экономически затратнее перерабатывать ее через плавильный передел. Поскольку значимой альтернативы вовлечения в производственный оборот образующейся стружки, кроме как её переплав, нет, эффективнее и рациональнее всего предварительно переводить сыпучую стружку в более или менее компактное состояние, например, брикеты или прутки, используя при этом известные приемы порошковой металлургии и обработки металлов давлением. При этом одновременно можно решать задачи улучшения физико-механических и эксплуатационных характеристик сплавов за счет введения в расплав вместе с переработанной стружкой некоторого количества дисперсных частиц модифицирующего назначения.

В работе объектом внимания были выбраны отходы в виде мелкой сыпучей стружки силумина марок АК 7 и АК 12, образующиеся при изготовлении литых дисков колес на одном из предприятий Красноярского края. Несмотря на некоторое отличие в свойствах, стружка обоих сплавов характеризуется относительно низкими прессуемостью и деформируемостью как в холодном, так и в горячем состоянии. В качестве дополнительно вводимых в стружку сыпучих добавок, ориентированных на усиление модифицирующего эффекта, использовалась порошковая смесь оксидов титана и циркония, а также порошкообразный наноструктурированный углерод.

Целью работы являлось изучение возможности получения горячей и холодной обработкой прутков заданного диаметра из стружки соответствующей марки силумина, а также ряда смесей указанных марок стружки с перечисленными выше порошковыми добавками. Количество порошка, вводимого в исходную промытую в специальном содовом растворе стружковую массу, составляло каждый раз порядка 2%.

Поскольку исходная стружка силумина имеет достаточно высокие прочностные и относительно низкие пластические характеристики, первые стадии – брикетирование и экструзия – проводились при повышенных температурах, соответствующих температуре горячей обработки. В этом случае на этапе брикетирования относительная плотность полученных прессовок составляла порядка 80-85%, а после экструзии плотность пресс-изделий достигала практически предельных значений 95-100%. При осуществлении обеих операций из-за существенной склонности алюминиевых сплавов к налипанию пришлось прибегать к смазыванию контактных поверхностей специальным составом на основе графита, избегая при этом попадания следов смазки внутрь деформируемого материала.

Как и следовало ожидать, ключевая роль в формировании структуры и свойств полученных пресс-изделий в виде прутков отводится операции «экструзия». Температурно-скоростной режим осуществления данной операции соответствовал параметрам, рекомендуемым для прессования прутков из

труднодеформируемыхалюминиевых сплавов, т.е. когда температура нагрева заготовки перед прессованием $\Theta=450-480^{\circ}\text{C}$, а скорость прессования $V_{\text{пр}}=50-150\text{ мм/с}$.

Учитывая, что при экструзии алюминиевых заготовок можно обеспечить практически изотермические условия деформирования, в экспериментах брикеты, с нанесенной на все контактные поверхности с инструментом смазкой, нагревали вместе с инструментальной оснасткой. Экструзией, осуществляемой на вертикальном гидравлическом прессе усилием 1МН прямым методом с применением конической матрицы, были получены прутки диаметром 8 мм. Коэффициент вытяжки при этом составлял $\mu=F_{\text{кон}}/F_{\text{изд}}= 32$.

Ход экспериментов показал, что независимо от того, какой состав стружкового материала использовался для изготовления прутков, выдавливание его изматрацы в целом протекает достаточно устойчиво без образования расслоенных трещин, пузырей и других дефектов. Характер течения принципиально не отличается от течения монолитного металла. Не наблюдается также каких-либо особенностей, связанных с изменением силовых условий процесса, за исключением его начальной стадии, когда с ростом прикладываемого давления часть его расходуется на доуплотнениепрессовки, сопровождаемое увеличением суммарной поверхности соприкосновения частиц стружки, их непосредственной деформацией и повышением сил межчастичного трения.

После экструзии от полученных прутков по определенной схеме отбирались образцы, на которых изучались механические характеристики материала и микроструктура в продольном и поперечном направлениях. При выборе схемы вырезки образцов учитывалось, что передний и задний концы пресс-изделий представляют собой слабдеформированные участки с недостаточно проработанной структурой.

В результате проведенных исследований было установлено, что реализованные в работе технологическая схема и режим компактирования как чистой стружки силумина, так и её смеси с порошковыми добавками, не приводят к сварке отдельных частиц стружки, разделённых поверхностной окисной плёнкой, не разрушившейся при брикетировании и экструзии. Такой вид границ между фрагментами стружки характерен для всего объема прутка, за исключением периферийных участков, деформирующихся в условиях интенсивного контактного трения.

Из-за отсутствия следов сварки сила сцепления между отдельными частицами стружки сравнительно невелика и обуславливается в основном их механическим зацеплением. Структура самих стружек остается практически без изменения, т.е. соответствует структуре литого металла в виде α – твердого раствора на базе алюминия, окруженного эвтектикой $\alpha + \text{Si}$.

Тщательное перемешивание при приготовлении смеси стружки с порошковыми добавками обеспечивают минимальную структурную и химическую неоднородность компонентов в макрообъёмах. Этому же способствует и реализуемая при экструзии схема всестороннего неравномерного сжатия.

В заключении следует отметить, что в последние годы в отечественной и зарубежной литературе опубликовано достаточно много работ, авторы которых анализируют различные способы модифицирования алюминиевых сплавов, позволяющие измельчать структуру получаемых из них отливок. Одним из широко распространенных направлений является непрерывное модифицирование лигатурным прутком, использование которого позволяет достичь значительного измельчения структуры отливок при небольшом расходе лигатуры и достаточно полном усвоении модификатора. В этой связи производство лигатур с дисперсными частицами – модификаторами, основанное на реализации «стружковых» технологий, при обеспечении требуемой чистоты по газовым и неметаллическим включениям, может представлять, на наш взгляд, практический интерес.