

ВЛИЯНИЕ НАЛОЖЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ СДВИГОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ НА СВОЙСТВА ПРУТКОВ И ПРОВОЛОКИ, ПОЛУЧАЕМЫХ ИЗ СТРУЖКИ

Четвергов А.Н., Шнайдер С.Н., Петрюкштис Д.О., Рощупкин А.А.
Научные руководители – доцент Загиров Н.Н., ст. преподаватель Иванов Е.В.

Сибирский федеральный университет

Экономия материальных ресурсов путем наиболее комплексного использования существующих источников сырья, изыскание новых, нетрадиционных его видов и создание малоотходных энергосберегающих производств – вот лишь несколько из важнейших задач, поставленных перед отечественной промышленностью. В этой связи перспективным представляется рассмотрение вопроса о разработке и внедрении в промышленность методов получения материалов и изделий с использованием в качестве сырья сортных стружковых и других диспергированных отходов металлообрабатывающих предприятий. В основе этих методов лежат приемы, характерные для процессов порошковой металлургии, но учитывающие при этом специфику получения исходного стружкового сырья. В частности, представляя операцию резания процессом последовательных сдвигов металла, превращаемого в стружку, можно предположить, что в результате за счет наклепа твердость частиц стружки будет намного выше твердости исходного обрабатываемого материала. При этом поверхность частиц стружки неизбежно покрыта окисными пленками, которые, как правило, имеют более высокую прочность, чем металлы, образовавшие их. А следовательно, для их охрупчивания и обнажения, так называемых, ювенильных поверхностей необходимо инициирование в окисных пленках при компактировании дополнительных растягивающих напряжений, которое возможно лишь при реализации схем обработки с повышенным уровнем сдвиговых деформаций.

При получении прутков и проволоки круглого поперечного сечения с использованием в качестве исходного сырья сортных сыпучих стружковых отходов цветных металлов и сплавов общая схема изготовления такого рода продукции предполагает последовательное выполнение операции брикетирования, экструзии (прессования) и волочения. Каждая из операций в зависимости от своего назначения осуществляется при определенном сочетании температурно-деформационных параметров и является обязательным звеном в формировании требуемых структуры и свойств конечного изделия.

Практически интенсификация деформационных процессов может осуществляться на любом из этапов обработки, однако наибольший эффект, по-видимому, будет достигнут, если инициировать дополнительные сдвиговые деформации на стадиях получения промежуточного продукта, т.е. при выполнении операций горячего брикетирования и горячей экструзии. При этом основным деформационным критерием, определяющим качество схватывания частиц стружки при их совместной деформации, можно принять степень деформации сдвига Λ . При обычном одностороннем брикетировании сыпучей массы в закрытой пресс-форме величина Λ рассчитывается по формуле $\Lambda = \sqrt{3} \ln \frac{h_0}{h}$ и зависит от соотношения высоты насыпки стружки h_0 и высоты получаемого брикета h . Дополнительно проработать структуру материала брикета без изменения его поперечного сечения можно

применением либо простого сдвига при реализации процесса равноканально-углового прессования, либо осуществлением скручивания заготовки в контейнере за счет сочетания осевого и вращательного движения инструмента. При этом воплощение второго из указанных вариантов предполагает использование специального гидравлического пресса, оснащенного независимым приводом вращения одной из рабочих плит. Такого типа оборудование в виде универсальной испытательной машины усилием 400 КН было поставлено на кафедру «Обработка металлов давлением» в рамках выполнения утвержденных по СФУ инновационных образовательных программ. Машина снабжена торсионным приводом с максимальным крутящим моментом 1000 Н·м, установленным на верхней подвижной траверсе с возможностью вращения на угол $\pm 180^\circ$.

Сообщение материалу дополнительных сдвиговых деформаций можно осуществить и на стадии горячей экструзии брикетов через коническую матрицу. При этом, как и в предыдущем случае, возможно несколько вариантов практической реализации, из которых наиболее очевидным является продавливание металла заготовки через неподвижную матрицу с одновременным скручиванием выпрессовываемого прутка. Эффект скручивания достигается за счет нанесения на калибрующий участок матрицы нескольких неглубоких канавок в виде винтовых линий с определенным шагом и углом подъема. Другой способ основан на применении схемы экструзии через вращающуюся матрицу. В данном случае достижению определенного уровня дополнительных сдвиговых деформаций за счет скручивания заготовки препятствует явление тангенциального проскальзывания металла относительно матрицы, что следует из того обстоятельства, что угол закручивания заготовки всегда будет меньше угла поворота активного элемента (матрицы).

Экспериментальная часть работы включала апробацию двух из упомянутых выше вариантов сообщения материалу дополнительных сдвиговых деформаций:

- а) горячего брикетирования стружки с последующим доуплотнением полученного брикета за счет одновременного приложения осевого усилия и крутящего момента;
- б) использования при горячей экструзии матрицы с выполненными на калибрующем участке ее винтовыми канавками.

В качестве исходного сырья была выбрана сыпучая стружка сплава АК12, образующаяся механической обработкой после проточки ступицы литых дисков колес. Конечным продуктом являлась проволока диаметром 3,35 мм, получаемая волочением экструдированных прутков на цепном волочильном стане без проведения промежуточных отжигов.

За базовый был выбран вариант изготовления проволоки, который осуществлялся в соответствии с технологической схемой, представленной на рисунке 1.

Ниже приведен сравнительный внешний вид полуфабрикатов, полученных обычным способом и с наложением дополнительных сдвиговых деформаций, соответственно, после горячего брикетирования (рисунок 2а) и горячей экструзии (рисунок 2б). Эффект сообщения материалу дополнительных сдвиговых деформаций и их величину иллюстрируют расположенные на цилиндрической поверхности полуфабрикатов риски, угол наклона которых составил:

- для брикетов, полученных сжатием с кручением, $\varphi = 50^\circ$, что соответствует степени деформации сдвига $\Lambda = \operatorname{tg} \varphi = 1,19$;
- для экструдированных прутков, полученных выдавливанием через матрицу с одновременным их скручиванием, $\varphi = 16^\circ$, что соответствует степени деформации сдвига $\Lambda = 0,29$.

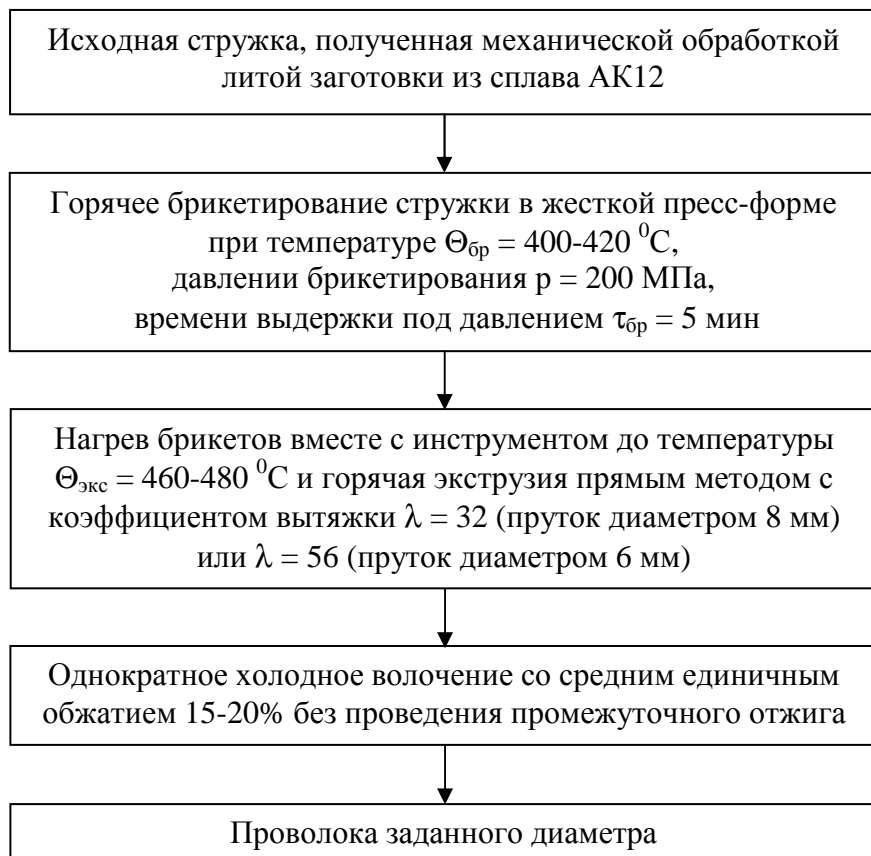


Рисунок 1 – Общая технологическая схема получения проволоки $\varnothing 3,35\text{ мм}$ из стружки сплава АК12



Рисунок 2 – Внешний вид брикетов (а) и экструдированных прутков (б) без наложения и с инициированием дополнительных сдвиговых деформаций

Рифления, неизбежно отпечатывающиеся на рабочей поверхности полуфабрикатов, на устойчивость формоизменения при последующем деформировании существенного влияния не оказывают, т.к. в первом случае сосредотачиваются в переднем слабдеформированном конце прутка и пресс-остатке, а во втором – сглаживаются уже на двух начальных переходах волочения.

Для оценки влияния перечисленных выше факторов на уровень механических характеристик получаемой разными способами проволоки, на конечном ее размере отбиралось несколько фрагментов длиной по 150 мм, которые подвергали растяжению на испытательной машине LFM-40. Обработав соответствующие первичные диаграммы растяжения, рассчитывали значения временного сопротивления разрыву σ_b и относительного удлинения δ .

Результаты испытаний приведены в таблице, анализ которых показывает, что принципиальной разницы в значениях σ_b и δ проволоки, полученной из стружки сплава АК12 разными способами нет. Это означает, что для данного сплава эффект наложения дополнительных сдвиговых деформаций практически не проявляется, что связано, по-видимому, со спецификой поведения материала, поскольку указанный силумин относится к литейным алюминиевым сплавам и нетехнологичен для обработки давлением.

Таблица – Результаты испытаний на разрыв образцов проволоки Ø3,35 мм, полученной разными способами из стружки сплава АК12
(суммарное относительное обжатие при волочении $\varepsilon = 69\%$)

№ образца	Размеры образца до разрыва		Длина образца после разрыва l _к , мм	Р _{разр} , КН	Временное сопротивление разрыву		Относительное удлинение	
	d ₀ , мм	l ₀ , мм			σ _в , МПа	σ _{а_н0} , МПа	δ, %	δ _{ср} , %
Проволока, полученная по обычной схеме								
1	3,35	150	153	2,51	287	284,5	2	1,75
2			153	2,53	289		2	
3			152	2,44	279		1,5	
4			152	2,48	283		1,5	
Проволока, полученная из прутка со скручиванием его в матрице								
1	3,35	150	154	2,50	285	285	2,75	2
2			153	2,49	285		2	
3			152	2,49	284		1,5	
4			152	2,50	285		1,5	
Проволока, полученная из брикета со сдвигом торцов друг относительно друга								
1	3,35	150	153	2,49	282	281,5	2	2
2			153	2,44	277		2	
3			154	2,51	285		3	
4			153	2,49	282		2	

В дальнейшем предполагается опробовать описанные выше приемы для переработки стружки сплавов, хорошо поддающихся обработке давлением. В частности, речь идет о сортной сыпучей стружке некоторых медных сплавов, для которых инициирование сдвиговых деформаций должно положительно сказаться на формировании улучшенной структуры и повышенного уровня механических характеристик получаемых пресс-изделий и проволоки.