

УДК 539.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ЭКСТРУДИРОВАННЫХ ВОЛОКНИСТЫХ КОМПОЗИТОВ

Петросян А.С.

Հ.Ս. Պետրոսյան

Արտամղված մետաղաբերլային կոմպոզիցիոն նյութերի ֆիզիկա-մեխանիկական
հատկությունների ուսումնասիրում

Մշակվել է մետաղաբերլերի ձևավորման տեխնոլոգիա: Գնահատվել է եռակալված և տար
արտամղված պղնձի, մոլիբդենի և վոլֆրամի մետաղաբերլերով փորձանմուշների
հատկությունները: Տրված է մեխանիկական հատկությունների համեմատական ցուցանիշներ,
ինչպես նաև միկրոկառուցվածքային հետազոտություն:

H.S. Petrosyan

Investigation on physical and mechanical properties of extruded fiber composites

Разработана технология формирования металлических волокон. Оценены свойства
спеченных и экструдированных материалов из волокон меди, молибдена и вольфрама. Даны
сравнительные показатели по механическим свойствам, а также микроструктурный анализ.

Развитие современной техники выдвигает новые повышенные тре-
бования к прочности, устойчивости и надежности конструкций из компо-
зиционных материалов, в том числе и металлокомпозиатов, при их
эксплуатации. Решение этих вопросов можно достичь как путем
оптимального проектирования, так и применением новых композиатов с
необходимыми свойствами, полученными современными методами
переработки.

Среди методов твердофазного формирования композиционных
материалов порошковая металлургия занимает ведущее место благодаря
мобильности технологического исполнения.

С целью комплексного изучения закономерностей структурообразо-
вания порошково-волокнистых композиций, т.е. армированных материа-
лов, естественно, представляют интерес исследования методов получения,
а также изучение, комплекс их физико-механических свойств.

Научные основы металлургии волокна разработаны Бальшиным [1].
Им установлено, что давление прессования

$$P = K(\sigma_T)_K V^3 = P_K V^3 = P_K \alpha \quad (1)$$

откуда $P_K = P/\alpha = K(\sigma_T)_K$ - контактное напряжение; $V^3 = \alpha$ -
безразмерное контактное сечение, зависящее от диаметра волокна

$$(\sigma_T)_K \leq P_K \leq HB_{\max}, 1 \leq K \leq 15 \quad (2)$$

где $(\sigma_T)_K$ - предел текучести при изгибе деформированного металла (иногда эта величина может снизиться до предела упругости или пропорциональности); HB_{\max} - твердость максимально наклепанного деформированного металла.

В работе [2] предпринята попытка оценить свойства спеченных волокнистых материалов при помощи нижеприведенной зависимости, предложенной Бальшиным:

$$\frac{\sigma_{b\text{пор}}}{\sigma_{b\text{ком}}} = V^m = (1 - \Pi)^m \quad (3)$$

где $\sigma_{b\text{пор}}$ - предел прочности при растяжении пористого материала;

$\sigma_{b\text{ком}}$ - предел прочности компактного материала; V - относительная прочность; Π - пористость; m - константа (в большинстве случаев $m = 2, 2 \dots 4, 0$).

При проведении настоящих исследований в качестве исходных материалов были использованы дискретные волокна из меди (ММ), молибдена (МЧ) и вольфрама (ВА). Экструзия предварительно формованных (прессованных) брикетов ($\varnothing = 24$ мм, $H = 40$ мм) осуществлялась по технологии, схематически приведенной на фиг.1.

Известно, что волокна, по сравнению с порошками, имеют плохую сыпучесть и малую насыпную плотность, вследствие чего они неравномерно распределяются в рабочей полости пресс-формы. Для устранения этого недостатка волокна подвергались предварительной обработке, а именно, - войлокованию, которое проводили по методике, разработанной Институтом металлургии НАН РФ [3].

На плотность волокнистого материала влияют размеры волокон, средства для войлокования и скорости осаждения. Наибольшая плотность достигается при осаждении коротких и тонких волокон.

В зависимости от размеров волокон и плотности войлока, каждое волокно может иметь до 100 контактных связей с соседними волокнами, что на порядок превышает количество межчастичных связей в порошковых телах [4]. Такая эффективность связей между структурными элементами определяет комплекс физико-механических свойств сформованных и спеченных изделий.

Применение высоких давлений прессования и температур спекания способствует повышению прочности вышеупомянутых связей. Переработка металлического войлока в изделия осуществляется известными методами порошковой металлургии.



Фиг. 1. Схема технологии изготовления волокнистого материала

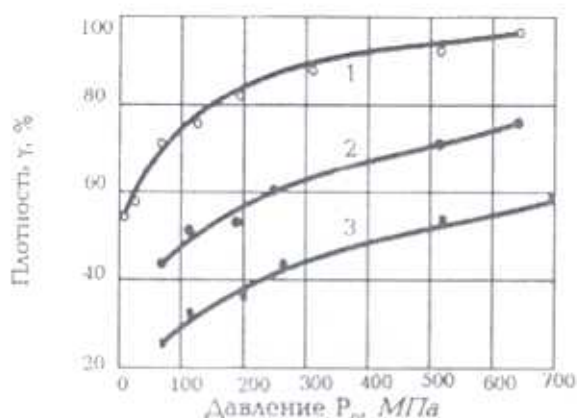
На фиг.2 приведена графическая зависимость плотности от давления прессования медного (мягкого), молибденового (средней твердости) и вольфрамового (твердого) волокнистых композитов. Как видно из фиг. 2, для достижения одинаковой плотности композита ($\gamma = 0,6$) давление прессования медного волокна составляет 20 МПа, молибденового – 250 МПа, вольфрамового – 1000 МПа, т.е. соотношение давлений – 1:12,5 : 50.

Сравнения результатов механических испытаний экструдированных образцов из медных волокон (табл. 1, 2) показывает, что у волокнистой меди предел прочности при растяжении на 33...45% выше, чем у порошковой и литой меди.

Как и следовало ожидать, прочность экструдированных образцов зависит от диаметра исходного волокна: с его увеличением механические свойства ухудшаются.

Из представленных табл.2 данных также можно заключить, что прочность экструдированных образцов такая же, как и у образцов, полученных высокоскоростным уплотнением (266...308 МПа), но

значительно выше прочности образцов, изготовленных прессованием и спеканием (144...164 МПа). В целом, прочность экструдированного материала из медных волокон значительно превышает прочность литой (150...200 МПа), деформированной (250...270 МПа) и экструдированной порошковой (248...252 МПа) меди.



Фиг. 2. Зависимость между относительной плотностью и давлением прессования для волокнистого материала: 1 — медь; 2 — молибден; 3 — вольфрам

Таблица 1

Механические свойства экструдированных медноволокнистых образцов

№ образцов	Длина волокна l , мм	Диаметр волокна d , мм	Отношение l/d	Пористость П, %	Температура T, °C	Козфициент T вытяжки, λ	σ_b , МПа	НВ МПа
1	5	0,05	100	15	650	2	251	373
2	10	0,10	100	15	650	2	250	371
3	10	0,05	200	15	650	6	297	445
4	20	0,10	200	15	650	6	245	327
5	10	0,05	200	15	850	2	276	416
6	20	0,10	200	15	850	2	245	327
7	5	0,05	100	15	850	6	320	445
8	10	0,10	100	15	850	6	310	440
9	10	0,05	200	35	650	2	232	340
10	20	0,10	200	35	650	2	230	325
11	5	0,05	100	35	650	6	282	417
12	10	0,10	100	35	650	6	278	400
13	5	0,05	100	35	850	2	253	380
14	10	0,10	100	35	850	2	235	327

15	10	0,05	200	35	850	6	317	450
16	20	0,10	200	35	850	6	319	437

Таблица 2

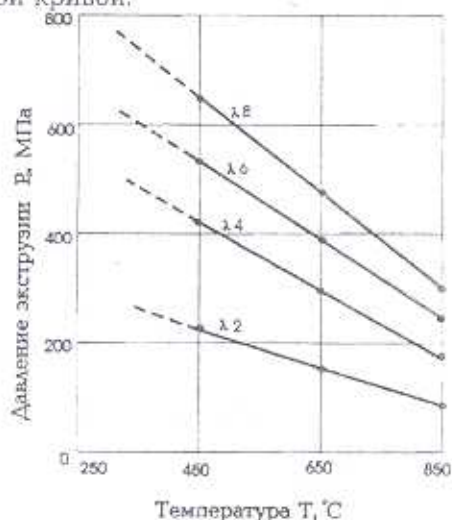
Механические свойства образцов из меди, полученной различными способами [3]

Способ изготовления	σ_b , МПа	относительное удлинение δ , %	относительное сужение, ψ , %
Экструдированный материал из медных волокон после отжига ($T_3 = 850^\circ\text{C}$, $\lambda = 4...6$; $T_{от} = 850^\circ\text{C}$, $\tau = 1,0...1,5$ ч) $d_b = 0,05$ мм	317...320	36,0...40,5	69...70
$d_b = 0,10$ мм	280...300	38,5...46,0	70...74
Высокоскоростное уплотнение пористых отожженных заготовок из медных волокон с последующим спеканием	270...330	39,0...43,5	-
($T = 950...980^\circ\text{C}$, $\tau = 2,0...2,5$ ч; $d_b = 0,05$ мм	266...308	39,5...46,0	-
$d_b = 0,10$ мм	144...164	-	-
Прессование и спекание (980°C) медных волокон	270...298	-	-
Прессование и спекание, повторное прессование и спекание	248...252	45...52	75...81
Заготовка спеченная ($\theta = 25...30\%$) и экструдированная ($T_3 = 850^\circ\text{C}$, $\lambda = 4...8$)	150...200	15...25	50
Литая медь	250...270	40...50	80
Медь прокатная и отожженная			

Результаты исследований, приведенные в табл. 2, согласованы с формулой (3).

На фиг. 3 показано влияние температуры T и коэффициента вытяжки λ на давление экструзии P_0 для порошковой и волокнувой меди. Поскольку давление при экструзии является переменной величиной, то за характерную точку для снятия этого параметра нами принято начало

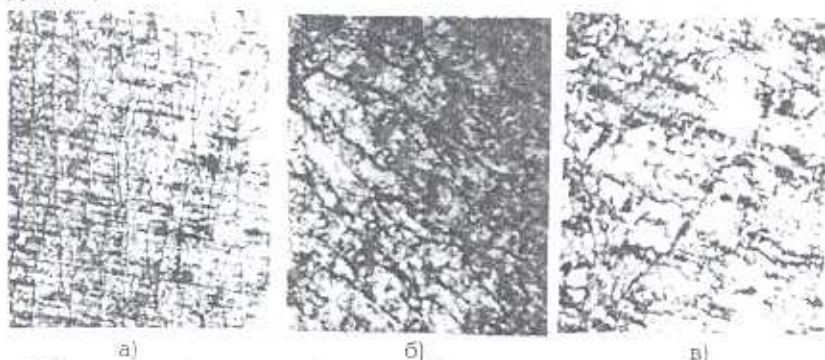
установившегося истечения экструдруемого материала. Следует отметить, что давление для порошковых и волокнистых материалов при одинаковых режимах экструзии совпадают и поэтому они на фиг.3 представлены единой кривой.



Фиг. 3. Графическая зависимость температуры и коэффициента вытяжки λ на давление экструзии волокнистого и порошковой меди

Исследование структурообразования композитов из медных волокон осуществлялось при параметрах экструзии: $T_3 = 450 \dots 850^\circ\text{C}$; $\lambda = 2 \dots 6$. Для сравнения изучалась структура экструдированной порошковой меди.

У волокнистой меди по сечению четко выделялись три структурные зоны (фиг. 4).



Фиг. 4. Структура (поперечный срез, $\times 320$) различных зон экструдированного волокнистого образца ($T_3 = 450^\circ\text{C}$; $\lambda = 6$): а — периферийная; б — средняя; в — осевая

Известно, что сечения волокон отличаются практической равноосностью [5]. В процессе экструзии происходит переориентация этих волокон вдоль оси экструзии. Окончательная структура

экструдированного образца зависит от того, какая из этих ориентаций будет преобладающей. При экструзии наибольшие деформации наблюдаются в периферии, наименьшие — в центре. Поэтому в периферийной области (фиг. 4, зона а) волокна ориентируются вдоль оси экструзии, а в центральной части (фиг. 4, зона в) наблюдается равноосность. С увеличением коэффициента вытяжки влияние экструзии на ориентацию волокон возрастает, что сказывается на сужении зоны в) и расширении зоны б).

При экструзии в температурном интервале 450...850 °С наблюдается образование сплошного металлического контакта между отдельными составляющими структуры. На микрошлифах поверхность такого контакта четко выявляется в виде сплошной травленной линии, а металлографический анализ показывает, что независимо от исходной пористости (15-35%) уплотнение образцов происходит практически до беспористой структуры.

Таким образом, применение метода экструзии позволяет получать волокнистый композиционный материал с практически беспористой ориентированной структурой и высокими механическими свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бальшин М.Ю. Научные основы порошковой металлургии и металлургии волокна. М.: Металлургия. 1972. 336 с.
2. Бальшин М.Ю., Манукян Н.В. Прессование металлического волокна // Металлокерамические материалы и изделия / ЕрПИ. Ереван, 1969. С. 130-132.
3. Петросян А.С. Исследование процессов экструзии, структуры и свойств композиционных материалов: Дис. канд техн.наук/Ин-т металлургии АН ГрузССР, 1983. — 218 с.
4. Композиционные материалы волокнистого строения. — Киев: Наукова думка, 1970. 403 с.
5. Бальшин Н.Ю., Захарян Н.В. Перекрестное прессование порошковых и волокнистых материалов // Порошковая металлургия: Труды ЕрПИ. 1971. Т.35, вып. 1. С. 89-96.

Государственный инженерный
университет Армении

Поступила в редакцию
23.04.2003