

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Ш. Я. КОРОВСКИЙ

**УСКОРЕНИЕ СПЕКАНИЯ ПОРОШКОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

(Представлено академиком П. А. Ребиндером 10 IV 1954)

Процесс спекания осуществляется миграцией структурных элементов тела (атомов, ионов, молекул и более крупных частиц) путем поверхностной диффузии, вязкого (диффузионного) течения в объеме, рекристаллизации, испарения — конденсации, растворения — осаждения, реакциями, связанными с образованием и диссоциацией летучих или растворимых соединений.

Скорость этих процессов, связанных с перемещением частиц через потенциальные барьеры, подчиняется закономерности вида

$$v_i = A_i e^{-E_i/RT}$$

(где индекс i отмечает различные миграционные процессы) и резко возрастает с повышением температуры. Скорость эта может быть также повышена созданием условий спекания, в которых уменьшается энергия активации E_i и увеличивается число участвующих в миграции частиц (1—4).

Одним из эффективных способов ускорения спекания является рациональный подбор окружающей среды (в широком смысле под окружающей средой мы понимаем также и специальные присадки, вносимые в шихту для создания желаемой миграционной «атмосферы»). Ускорение спекания может быть достигнуто таким составом окружающей среды или присадками, которые: а) понижают энергию активации миграционных процессов; б) повышают количество активных частиц, способных к миграции при неизменной энергии активации данного процесса; в) изменяют характер миграционного комплекса и миграционный путь; г) изменяют качественный характер контактной поверхности между частицами порошка и ускоряют ее образование.

Рационально выбранные газообразные или жидкие среды обеспечивают новые миграционные пути и «транспортные средства» (диффузия через раствор, окружающий твердый порошок, переход части спекаемого материала в легко диссоциирующие летучие соединения и т. п.). Действие таких интенсификаторов может заключаться не только в обеспечении новых «путей сообщения и транспортных средств». Среда часто активирует поверхность и усиливает миграцию как за счет нарушения структуры, в слоях, прилегающих к поверхности (⁵), так и за счет изменения поверхностной энергии (особенно при спекании в жидких средах родственной спекаемому порошку природы, в которых понижение поверхностной энергии и повышение миграционной способности может быть исключительно велико). Правильно подобранные газообразные или жидкие среды могут непрерывно восстанавливать активное «пористое» состояние поверхности частиц порошка, что может значительно ускорить процесс спекания.

Примером нарушения кристаллической структуры в поверхностных слоях и ускорения этим спекания может служить попеременное окисле-

ние — восстановление, благотворное влияние которого уже отмечено во многих случаях (⁴, ⁶). Широко известны также примеры интенсификации спекания под действием жидких сред, хотя нужно отметить, что как первая, так и вторая возможности используются в технике еще крайне недостаточно.

В целях изучения ускорения спекания под влиянием газообразной среды мы производили опыты параллельного спекания порошка карбонильного железа в нейтральной атмосфере и атмосфере, содержащей пары хлорного железа. Хлорное железо, как вероятный интенсификатор процесса спекания, было выбрано потому, что оно обладает невысокой тем-

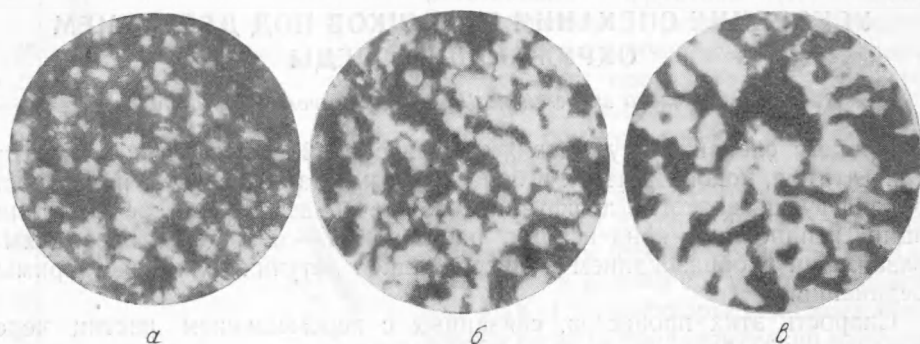


Рис. 1. *а* — брикет карбонильного железа, $\gamma = 4,0 \text{ г/см}^3$; *б* — то же после спекания в вакуированной ампулке 1 час при 650° , $\gamma = 4,4 \text{ г/см}^3$; *в* — то же после спекания в течение 1 часа при 650° в вакуированной ампулке с присадкой FeCl_3 , $\gamma = 4,88 \text{ г/см}^3$; $\times 900$

пературой кипения (317° при атмосферном давлении) и при кипении частично разлагается. Выделяющийся хлор может реагировать с железом, способствуя миграции через газовую фазу и активируя поверхностную диффузию.

Ожидание интенсифицирующей роли хлорного железа в процессе спекания полностью оправдало себя. На рис. 1 *а* представлена структура брикетов до спекания. На рис. 1 *б* показана структура полученных при спекании брикетов, представленных на рис. 1 *а*, в течение одного часа при 650° в вакуированных толстостенных ампулках из пирексового стекла. На рис. 1 *в* изображена структура при спекании брикетов той же исходной плотности и при том же режиме (1 час при 650°), однако при присадке в амплитуду 0,1 г FeCl_3 . Как видно, изменение плотности и особенно структуры весьма значительно.

Хлор в окружающей железу атмосфере способствует как поверхностной миграции, так и миграции через окружающую среду.

Несомненно, что для интенсификации спекания железа и его сплавов могут быть использованы не только присадки безводного хлорного железа, которое весьма гигроскопично, но и газообразный хлор, хлористый аммоний и др. Перед окончанием процесса спекания, во избежание коррозии металлокерамического изделия, хлориды должны быть тщательно отогнаны продувкой печи нейтральными газами или каким-либо другим способом.

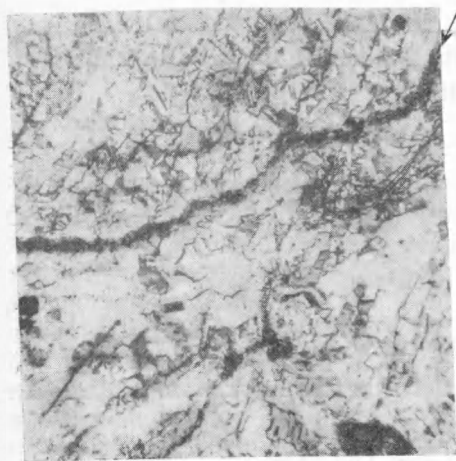
Можно рассчитывать на получение быстрого и прочного соединения частиц порошковой заготовки также и способами, отличными от обычного спекания, в частности путем пропитки разогретого брикета расплавленным металлом.

Для быстрого образования прочного контакта пропитываемым металлом мы применили нагрев в флюсующих жидких ваннах порошкового брикета, покрытого заготовкой из пропитывающего металла. Температура ванны подбиралась таким образом, что пропитывающий металл плавился

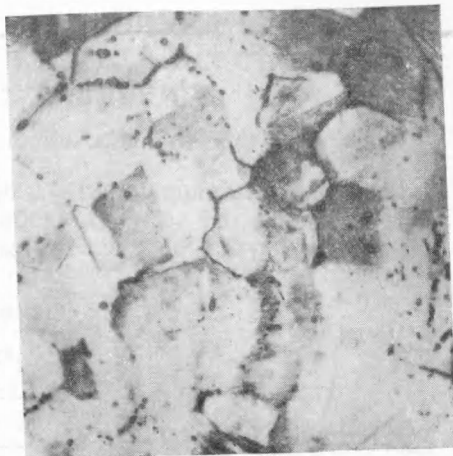
в ванне и под действием собственного веса и капиллярных сил смачиваемости проникал в тончайшие поры.

Так пропитывались брикеты, прессованные из обезжиренной медной токарной стружки (крупностью 0,5—2,5 мм), латунию Л62 в расплавах буры или борной кислоты, разогретых до 1000°. Латунь прочно связывалась с медью. Сопротивление срезу полученных образцов ($\sim 77\%$ Cu, $\sim 33\%$ Л62) составляло 26—30 кг/мм².

Латунный шов



a



б

Рис. 2. Структура брикета из медной стружки, пропитанного латунию. *a* — $\times 120$; *б* — часть латунного шва, изображенного на предыдущей фотографии при увеличении 900

На рис. 2 представлена структура полученных образцов. На рис. 2 *a* видно заполнение крупных пор латунию и латунный шов, детальное строение которого видно на рис. 2 *б*. Латунь и медь диффундируют друг в друга, и латунь когерентно накристаллизовывается на зернах рекристаллизованной меди.

Разработанный прием получения изделий из брикетов, пропитываемых жидким металлом в флюсующих ваннах, повидимому, весьма целесообразно применять для изготовления небольших деталей из отходов производства (например, стружек цветных металлов).

Были также проведены успешные опыты пропитки брикетов из измельченной стружки малоуглеродистой стали чугуном (в ваннах: 65% хлористого бария, 35% буры или борной кислоты при температуре около 1250°), а также брикетов из порошков электролитической меди, обработанных флюсующими присадками, свинцом и свинцово-оловянистыми сплавами.

Поступило
16 XII 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. И. Лихтман, П. А. Ребиндер, ДАН, **70**, 851 (1950). ² В. И. Лихтман, П. А. Ребиндер, Вестн. машиностр., № 3 (1951). ³ Ш. Я. Коровский, Изв. АН Латв. ССР, № 10, 167 (1952). ⁴ М. Ю. Бальшин, Порошковое металлосложение, 1948. ⁵ М. И. Николаева, А. И. Шлыгин, ЖФХ, **2**, 427 (1950). ⁶ М. Ю. Бальшин, Порошковая металлургия, 1948.