

PASC: 81.40.-z

В.А. Поклад, О.И. Самойлов, И.А. Бурлаков

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЗАГОТОВОК ИЗ НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА ЭП741НП МЕТОДОМ ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО МНОГОПЕРЕХОДНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

ФГУП ММП «САЛЮТ»

пр-т Буденного, 16, г. Москва, 105118, Россия

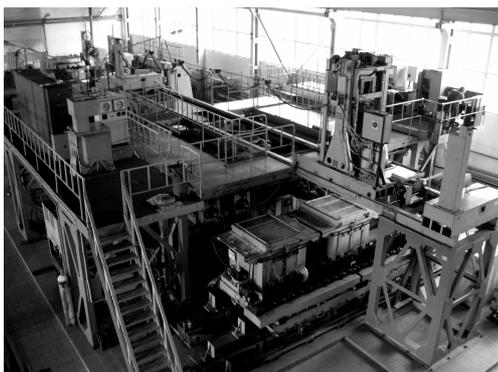
E-mail: burlakov@salut.ru

*Разработана технология жидкофазного спекания порошковых жаропрочных сплавов типа ЭП741НП, которая создает предпосылки для их деформирования под высоким давлением. Показано, что в результате удастся получить микрокристаллический материал, позволяющий в последующем осуществлять изотермическую прокатку в условиях сверхпластичности.*

После многолетних исследований и летной практики зарубежные фирмы пришли к выводу о необходимости дополнительной деформации заготовок дисков из никелевых жаропрочных порошковых сплавов, полученных горячим изостатическим прессованием (ГИП). Для этого и была разработана технология «Геторайзинг», которая включает операции ГИП, экструзии и штамповки заготовок в режиме сверхпластичности. Такая технология требует мощного прессового оборудования и дорогостоящей оснастки.

Исследования, проведенные в России (ОАО ВИЛС, НИИД), показали, что прямое прессование заготовок, полученных ГИП, особенно в отсутствие бокового подпора, приводит к их разрушению, что связано с особенностью деформации порошковых изделий.

Для решения проблемы деформирования заготовок из порошковых жаропрочных сплавов типа ЭП741НП нами была разработана технология их жидкофазного спекания. Она основана на том, что при нагревании сплавов в интервале солидус–ликвидус в материале появляется жидкая фаза, которая, в частности для сплава ЭП741НП, отвечает составу  $\gamma'$ -фазы. Жидкая фаза меняет структуру материала и создает предпосылки для его деформации. Однако относительная плотность полученной таким методом заготовки находится на уровне 0.93–0.95, что требует ее уплотнения. Поэтому было принято решение для уплотнения таких заготовок использовать ГИП при высоком давлении, а для формообразования диска перед завершающей механи-

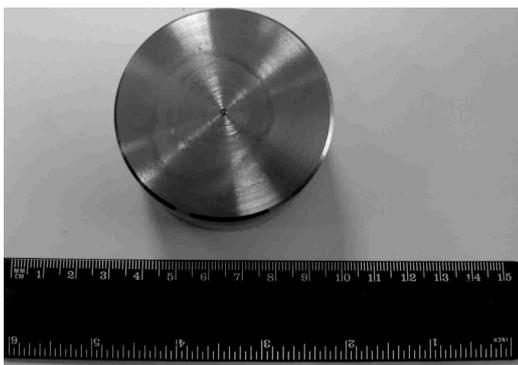


**Рис. 1.** Автоматизированная линия раскатки дисков АЛРД-800

ческой обработкой – изотермического формообразования на автоматизированной линии раскатки дисков АЛРД-800 (рис. 1).

Работами ряда организаций (СКТБ «Тантал», НИИД, ИПСМ и др.) было показано, что монолитные заготовки при изотермической раскатке должны иметь микрокристаллическую структуру, сформированную по специальной технологии. Нами проведены работы с целью получения заданной структуры для порошковых сплавов.

Были изготовлены модельные заготовки, на которых отработывалась технология: ГИП, жидкофазное спекание, многоступенчатая горячая осадка (рис. 2–4).



*a*



*б*

**Рис. 2.** Механообработанные заготовки после режимов: *a* – жидкофазное спекание + газостатирование, *б* – газостатирование + жидкофазное спекание

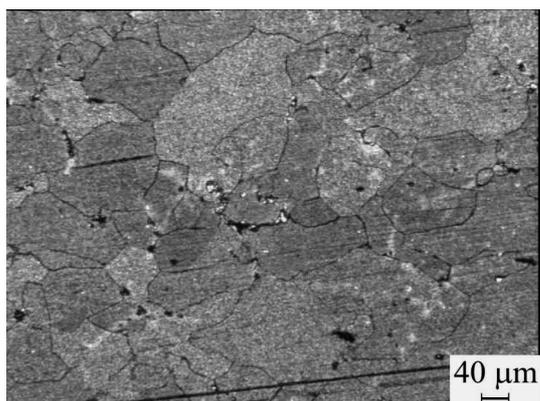


*a*



*б*

**Рис. 3.** Заготовки из сплава ЭП741НП в процессе горячей осадки (*a*) и после деформации (*б*)



**Рис. 4.** Микроструктура сплава после многостадийной осадки

В результате проведения вышеуказанных операций размер зерна в материале заметно уменьшился. Это дало нам возможность определить технологическую схему получения микрокристаллической структуры крупногабаритных заготовок, направляемых на изотермическую раскатку в условиях сверхпластичности. Упакованную в металлический контейнер заготовку весом 32 kg спекали с жидкой фазой, после чего капсулу удаляли

для контроля качества заготовки. Далее заготовку упаковывали в новую капсулу и подвергали ГИП в газостате «АВРА» (ОАО «Композит»).

Изотермическую осадку осуществляли на прессе модели ПА 2642 в изотермическом блоке УИДИН-400М. Капсулу с заготовкой помещали в дополнительный теплоизоляционный контейнер, наполненный мультимелкозернистым войлоком МКРВ-20, и осаживали также силами ОАО «Композит». При осадке диаметр заготовки увеличился с 201 до 378 mm, а контактное давление на завершающей стадии деформирования не превышало  $13.8\text{--}11.7 \text{ kgf/mm}^2$  по сравнению с начальным значением  $32.7 \text{ kgf/mm}^2$ .

Как известно, одним из основных признаков появления микрокристаллической структуры в материале является резкое снижение напряжения материала при его деформации. На осаженой заготовке никаких дефектов обнаружено не было. Это дает основания ожидать, что данная порошковая заготовка может быть подвергнута изотермической раскатке в режиме сверхпластичности.

*V.A. Poklad, O.I. Samoilov, I.A. Burlakov*

#### FORMATION OF BILLETS OF NICKEL ALLOY ЭП741НП BY MULTISTEP ISOTHERMAL DEFORMATION

A technology of liquid-phase sintering of powder superalloys of the ЭП741НП type has been developed making their deformation possible under high pressure. It is shown that the resulting microcrystalline material can be isothermally rolled under superplasticity conditions.

**Fig. 1.** Unmanned line for disk rolling ALRD-800

**Fig. 2.** Machined billets after regimes: *a* – liquid-phase sintering + HIP, *b* – HIP + liquid-phase sintering

**Fig. 3.** Billets of alloy ЭП741НП under upsetting (*a*) and after deformation (*b*)

**Fig. 4.** Microstructure of multistep deformed billet