



Рис. 1 – Структура сталі 17Х14Г19АФ після деформації стисненням на 9,6% (а) (х20000) та після кавітаційного зношування (21 год) (б) (х30000)

При порівнянні субструктур було визначено, що при об'ємному стисненні та кавітаційній дії деформаційне зміцнення досягається шляхом дислокаційного зміцнення. У зразках сформувалось майже однорідна сітка дислокацій, але, оскільки, при деформації в мікрооб'ємах від дії кавітації щільність дислокацій менша ніж після деформації стисненням, можна зробити висновок, що ступінь пластичної деформації в мікрооб'ємах менший ніж при макродеформації стисненням.

Отже доведено, що доцільно використовувати залежності формування дислокаційної структури при об'ємному механічному деформуванні для аналізу її формування при деформації в мікрооб'ємах металу при кавітаційній дії. Встановили, що при обох видах деформації в Fe-Cr-Mn-N сталі з стабільним аустенітом з попереднім дисперсійним зміцненням деформаційне зміцнення відбувається дислокаційним шляхом.

УДК 669.296: 669.2.537

С. В. Ладохин, Т. В. Лапшук

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, г. Киев

Тел/факс: 044-424- 2350; e-mail: e_luch@ptima.kiev.ua

ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИТЬЯ ИЗ ЦИРКОНИЕВЫХ СПЛАВОВ В УКРАИНЕ

Украина входит в число немногих стран, в которых целенаправленно проводятся исследования по разработке технологий электронно-лучевой плавки и литья различных металлов и сплавов, в том числе циркониевых сплавов. К настоящему време-

ни в стране разработаны такие технологии получения литых изделий из циркониевых сплавов в электронно-лучевых установках: трубных заготовок из сплава Zr-1Nb на основе циркония кальцийтермического восстановления литьем в кокиль, центробежным методом и литьем с наложением электромагнитных полей на затвердевающей в форме расплав; корпусов и рабочих колес насосов для перекачки уксусной кислоты из сплава Zr-1Nb на основе циркония электролитического восстановления литьем в углеродные формы; колоколов из сплава Zr-1Nb на основе циркония кальцийтермического восстановления литьем в углеродные формы; деталей несущих конструкций тепловыделяющих элементов атомных реакторов из сплава Zr-2,5Nb на основе циркония электролитического восстановления центробежным методом в металлические формы; литые штанги из сплава Zr-1Nb в виде обратного металла литьем в кокиль. Кроме этого, в самые последние годы опробованы технологии получения заготовок для магнетронного распыления из сплавов систем Zr-Co и Zr-Ti-Ni на основе циркония йодидного восстановления литьем в комбинированные металлические формы и заготовок медицинского назначения для изготовления провода из сплавов системы Zr-Al-Sn также на основе циркония йодидного восстановления литьем в кокиль. Во всех перечисленных случаях выплавка сплавов проводилась в гарнисажных тиглях по отечественной технологии с электромагнитным перемешиванием расплава и осуществлением слива как через сливное отверстие в днище, так и через сливной носок путем наклона тигля [1].

Наиболее полно разработаны и прошли проверку технологии получения трубных заготовок, причем все указанные выше варианты обеспечивают получение заготовок, пригодных для прокатки. Из этих заготовок в ГП «Научно-исследовательский трубный институт им. Я. Е. Осады» под руководством В. С. Вахрушевой были разработаны технологии изготовления горячекатаных TREX-труб и холоднокатаных труб-оболочек ТВЭЛ. В научном и практическом плане наиболее интересным результатом следует считать технологию изготовления TREX-труб по схеме высокотемпературного прессования в β -области с использованием деформации больших степеней при прессовании и закалке с прокатного нагрева, что позволяет исключить из технологического процесса ковку. Установлено также, что заготовки, полученные с наложением электромагнитных полей, можно прессовать при более низкой температуре нагрева (1310-1330 К) по сравнению с заготовками, получаемыми при стационарном и центробежном литье (1370-1380 К). Это обеспечивает повышение качества поверхности горячепрессованных труб и увеличение выхода годного [2, 3].

Полученные результаты важны прежде всего в том отношении, что подтверждают обоснованность сформулированных ранее предложений об использовании литейной технологии производства из циркониевых сплавов как трубных заготовок для изготовления защитных оболочек ТВЭЛ, так и других деталей атомных реакторов, что важно для решения задач по созданию отечественного ЯТЦ [4]. Однако нерешенным вопросом остается выбор способа получения циркония – магний- или кальцийтермическим восстановлением, с чем связан и вопрос о выборе технологии его выплавки. Мы были и остаемся сторонниками использования оригинальной отечественной технологии кальцийтермического восстановления с дальнейшим электронно-лучевым переплавом циркония и изготовлением литых трубных заготовок.

Список литературы

1. Электронно-лучевая плавка в литейном производстве / Под. ред. *С. В. Ладохина*. – Киев: Изд-во «Сталь», 2007. – 626 с.
2. Вахрушева В. С. Формування структури та властивостей сталі і сплавів при виготовленні труб для ядерних енергетичних установок: Автореф. дис.... д-ра. техн. наук. - Дніпропетровськ, 2003. – 36 с.
3. *Гладков А.С.* Особливості електронно-променевої гарнісажної плавки сплаву Zr-1Nb і розробка технології виготовлення трубних заготовок: Автореф. дис. канд. техн. наук.- Київ, 2009. – 20 с.
4. *Ладохин С.В., Вахрушева В.С.* Перспективы применения электронно-лучевой плавки для получения сплавов циркония в Украине / Современная электрометаллургия. – 2008. № 4. – С. 22-26.