

## ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ТРУБ ИЗ ЦИРКОНИЕВЫХ СПЛАВОВ

*Каргополов Михаил Сергеевич*

*Студент 6 курса,*

*кафедра «Оборудование и технологии прокатки» Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Лагошина Елена Владимировна*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Оборудование и технологии прокатки»*

В связи с активным развитием атомной энергетики к основным конструктивным элементам, работающим в условиях активной зоны водо-водяного энергетического реактора, предъявляется ряд жестких требований, гарантирующих безопасную и бесперебойную работу реактора в течение всего времени эксплуатации. Одним из таких ответственных элементов является оболочечная бесшовная труба из циркониевого сплава Zr-Nb.

Производство холоднокатанных бесшовных труб из циркониевых сплавов представляет обширный комплекс технологических операций, обязательно включающих в себя холодную периодическую прокатку труб на промежуточный и финишные размеры.

Особенностью производства оболочечных труб является необходимость выполнения специальных требований: в рамках технологического процесса необходимо обеспечить преимущественную ориентацию кристаллической решетки (текстуры). Невыполнение данного требования может привести к разрушению оболочечной трубы в рабочей зоне реактора.

Формирование и изменение текстуры происходит под действием пластической деформации. Была проанализирована зависимость изменения текстуры, численно измеряемой через коэффициент ориентации гидридов, от интенсивности пластической деформации (Q-фактора). Для каждого технологического этапа характерно свое распределение интенсивности деформации Q-фактора, которое влияет на выбор оборудования и методику построения профиля технологического инструмента. Экспериментально установлено, что характер распределения Q-фактора влияет не только на текстуру, но и на качество получаемых труб: при оптимальных значениях Q-фактора можно добиться снижения брака по сплошности и складчатости оболочечных труб.

В работе рассмотрены технологические особенности производства труб на станах ХПТ валкового типа, внедренных на производственные площадки АО «Чепецкий механический завод», ГК «Росатом».

В рамках данной работы по исследованию процесса прокатки труб из циркониевого сплава была выбрана методика построения профиля прокатного инструмента станов ХПТ, разработанная компанией SMS Meer. Данная методика позволяет спроектировать профили прокатного инструмента в широком диапазоне за счет варьирования нескольких расчетных параметров. Также отличительной чертой данной методики является возможность построения криволинейного профиля оправки, позволяющего более точно распределить частные деформации по длине рабочей части калибра, тем самым улучшив качество получаемых оболочечных труб.

Был произведен расчет и анализ технологических параметров калибровки рабочего инструмента для стана КРВ-75, позволяющий добиться требуемого распределения Q-фактора.

Полученные результаты расчета позволят в перспективе уменьшить брак по сплошности и складчатости оболочечных труб, а также более точно управлять процессом получения требуемых текстурных характеристик во время пластической деформации.

#### **Литература:**

1. Заводчиков С.Ю., Зуев Л.Б., Котрехов В.А. Металлургические вопросы производства изделий из сплавов циркония. – Н.: Наука, 2012
2. Займовский А.С., Никулина А.В., Решетников Н.Г. Циркониевые сплавы в атомной энергетике. - М.: Энергоатомиздат, 1981.
3. Займовский А.С., Калашников В.В., Головин И.С. Тепловыделяющие элементы атомных реакторов. – М.:Атомиздат, 1966.
4. Дуглас Д. Металловедение Циркония - М.: Атомиздат, 1975.
5. Шевакин Ю.Ф. Калибровка и усилия при холодной прокатке труб. – М.: Металлургиздат, 1963.
6. Филимонов Г.В., Никишов О.А. Прокатка циркониевых труб. – М.: Металлургия, 1988.
7. Пат. 2156174 Российская Федерация. Калибровка инструмента для холодной прокатки труб/ Заводчиков С.Ю., Лозицкий А.Ф., Котрехов В.А.; заявитель и патентообладатель АО «Чепецкий механический завод», 2000. – 7с.
8. Sai Kumar Balabhadruni, Bondhugula Sharan Kumar and others Analysis of Metal Deformation in Pilgering of Nuclear Reactor. – CBTV, 2015.
9. Yagiz Azizoglu Modeling of Cold Pilgering of Tubes. – Sweden, Lulea University of Technology, 2017.