

Стрелкова Г.Г., канд. ф.-м.наук, доц.
 Лукінов М.О., магістр,
 Національний технічний університет України «КПІ», Україна

АСПЕКТИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ МОНОКРИСТАЛІЧНОГО КРЕМНІЮ ДЛЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЕНЕРГІЇ

Кремнієві фотоелектричні перетворювачі енергії (ФЕП) визначаються як один з домінуючих сегментів на сучасному світовому ринку енергоефективних технологій. Для промислових сонячних електростанцій (СЕС) використовують ФЕП на основі полікристалічного і монокристалічного кремнію (Si_m). ФЕП на основі Si_m у порівнянні з іншими відрізняються кращим ККД, надійністю роботи, стабільністю параметрів при тривалому часі експлуатації, але мають більшу вартість.

На думку експертів, Україна має потенціал для створення замкнутого циклу виробництва фотоелектричних модулів і СЕС завдяки наявності промислової бази і кварцових пісків як сировинного ресурсу. Прикладом реалізації цього потенціалу є ЗАТ "Пролог Семікор", на якому виготовляються злитки Si_m . Також підприємством спільно з партнерами з Німеччини та Австрії розпочато виробництво та поставку в Україну сонячних елементів і фотоелектричних модулів. Продукція підприємства сертифікована відповідно до вимог стандарту ISO 9001. Потенційний ресурс з випуску Si_m може сягати 240 т/рік. Однак, стримуючим фактором є обмежений попит внаслідок високої вартості кремнієвих злитків. Це пов'язано із значними витратами електроенергії на основний технологічний процес, в якому для вирощування кристалів Si_m застосовують метод Чохральського.

Для визначення аспектів енергозбереження був проведений аналіз електробалансів технологічного циклу, який показав, що при вирощуванні кристалів найбільші витрати електроенергії відбуваються в основному технологічному процесі, де використовують 27 електропечей опору «Редмет 30 АМ» та «Ізотерм 65-ПС». Основні енерговитрати в печах пов'язані з процесами плавлення кремнію, його кристалізацією тривалістю від 24 до 72 годин та підтриманням відповідного градієнту температури для досягнення необхідної якості злитку. Аналіз показників технологічного циклу виявив, що основними чинниками, що впливають на тривалість вирощування кристалів і, як наслідок, на обсяги витрат електроенергії, є якість сировини, параметри злитку і рівень завантаженості циклу.

Огляд світових технологій свідчить, що питомі витрати електроенергії (Е) на виготовлення 1 кг злитку Si_m за методом Чохральського знаходяться у межах 60-90 кВт*год в залежності від ступеня модернізації виробництва. Для ЗАТ "Пролог Семікор" за умови базового завантаження технологічного циклу розрахункове значення Е склало ~ 90 кВт*год/кг. Але фактичні значення Е, визначені за даними річного споживання електроенергії та обсягів виробленої продукції впродовж 2010-2014 рр., інколи перевищували розрахунковий показник на 20-26 %. За результатами кореляційного аналізу було виявлено прямиий сильний зв'язок між обсягами виробництва і фактичними

питомими витратами електроенергії. Збільшення електроспоживання за неповної завантаженості технологічного циклу пояснюється специфікою самого методу Чохральського. Для даного випадку було запропоновано низку заходів з підвищення якості контролю параметрів процесів, які дозволять скоротити витрати електроенергії на декілька відсотків.

Висновки. За результатами дослідження визначено основні аспекти, що впливають на енергоспоживання виробництва Si_m на ЗАТ "Пролог Семікор", потенціал енергозбереження та запропоновано заходи для зменшення енергетичної складової у собівартості злитків Si_m .