



Studia Podyplomowe

# EFEKTYWNE UŻYTKOWANIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ

w ramach projektu  
Śląsko-Małopolskie Centrum Kompetencji  
Zarządzania Energią

**Przemysłowe urządzenia  
elektrotermiczne działające  
w oparciu o pozostałe metody  
nagrzewania elektrycznego**

Prof. dr hab. inż. Aleksy Kurbiel

## **Piece łukowe do produkcji stali**

Piece łukowe służą do wytapiania stali, przy czym wsadem pieca jest złom żelazny o masie od kilku do kilkudziesięciu ton. Moc pieca pobierana w czasie roztopienia wsadu wynosi od ok. 1 MW do kilkudziesięciu megawatów. Są o więc odbiorniki o bardzo dużych mocach i dlatego ich eksploataowanie przy korzystnych stanach pracy jest ważnym problemem energetycznym i ekonomicznym.

Układ zasilania pieca z sieci wysokiego napięcia składa się z wyłącznika mocy, dławików (tylko w przypadku małych pieców), transformatora z przełącznikiem trójkąt \ gwiazda i zaczeplami (w celu nastawienia różnych napięć wtórnych), toru wielkoprądowego (częściowo wykonanego z przewodów giętkich) i trzech elektrod grafitowych pieca. Pomiędzy końcami elektrod a wsadem płoną trzy łuki elektryczne.

Korzystne stany pracy pieca można wyznaczyć na podstawie jego charakterystyk roboczych sporządzonych oddzielnie dla każdego stopnia napięciowego transformatora piecowego. Charakterystyki takie podają zależności od prądu łuków m.in. mocy łuków, mocy czynnej urządzenia łukowego, jego sprawności elektrycznej, współczynnika mocy. Na podstawie tych charakterystyk można ustalić korzystny prąd roboczy pieca.

Zadany stan pracy pieca utrzymuje automatyka przesuwu elektrod. Wybór wielkości regulowanej ma duży wpływ na wyniki pracy pieca.

Każdy wytop stali składa się z dwóch okresów: roztopienia wsadu i rafinacji płynnej stali. Utrzymując prąd pieca, odpowiadający maksymalnej mocy łuków skraca się czas roztopienia wsadu. Zmniejszając ten prąd do wartości odpowiadającej maksymalnej sprawności urządzenia łukowego uzyskuje się najmniejsze zużycie energii elektrycznej na roztopienie wsadu. Można też wyznaczyć prąd, przy którym koszty roztopienia wsadu będą najmniejsze. Wymagane stany pracy pieca w czasie rafinacji płynnej stali ustala technolog. Bardzo korzystne jest w piecu łukowym tylko roztopienie wsadu, a jego rafinację przeprowadzać np. w piecu indukcyjnym.

Podano też prawidłowe nastawienie przełączników nadmiarowo-prądowych.

## Nagrzewanie laserowe

Atom, cząstka, jon stanowią najprostszy mikroukład kwantowy, w którym mogą zachodzić procesy absorpcji i emisji promieniowania elektromagnetycznego. Taki układ ma dwa dyskretne stany energetyczne: podstawowy o energii  $W_1$  i wzbudzony o energii  $W_2 > W_1$ . Częstość promieniowania  $\nu_{21}$  [Hz] przy przejściu z jednego do drugiego stanu:  $\nu_{21} = (W_2 - W_1)/h$  ( $h$  – stała Plancka). Przejście elektronu z orbity bardziej odległej od jądra atomu do mniej odległej orbity powoduje wyemitowanie kwantu promieniowania elektromagnetycznego (fotonu) o energii równej  $W_2 - W_1$ . Po dostarczeniu atomowi takiego fotonu z zewnątrz następuje jego wzbudzenie. Duża różnica  $W_2 - W_1$  odpowiada promieniowaniu widzialnemu lub nadfioletowemu. Przy małej wartości  $W_2 - W_1$  występuje promieniowanie podczerwone lub nawet mikrofalowe. Widmo fal elektromagnetycznych przedstawiono na slajdzie 16.

Zupełna przypadkowość i niezależność emisji fotonów przez wzbudzone mikroukłady powodują, że różnice faz między fotonami są zmienne w czasie. W wyniku emisji spontanicznej otrzymuje się promieniowanie niespójne (niekoherentne).

Niektóre mikroukłady odznaczają się tym, że ich czas życia w stanie wzbudzonym jest stosunkowo bardzo długi, rzędu milisekund (stan metatrwały). Taki mikroukład, np. o trzech poziomach energetycznych (slajd 18), po zaabsorbowaniu odpowiedniego fotonu przechodzi ze stanu 1 do 3, z którego możliwe jest bardzo szybkie przejście bezpromienisto do stanu metatrwałego 2. Jeżeli na ten wzbudzony mikroukład padnie foton taki jak wyżej podany, to wymusza on wyemitowanie ciągu fal o mocy dwukrotnie większej niż wymuszający foton.

Schemat lasera podano na slajdzie 19. Ośrodek czynny 1 lasera stanowi kryształ zawierający podzbiór omawianych mikroukładów kwantowych. Kryształ ten jest umieszczony między zwierciadłami 2, tworzącymi tzw. rezonator. Przy odpowiednio dużej liczbie wzbudzonych mikroukładów w stanie metatrwałym, może wystąpić proces emisji wymuszonej zapoczątkowany przypadkową emisją spontaniczną wzdłuż osi pręta. Zwierciadła zmuszają zapoczątkowane promieniowanie do wielokrotnego przebiegu wzdłuż osi wzbudzonego ośrodka czynnego i w ten sposób wzmacnia się promieniowanie. Jedno ze zwierciadeł (prawe) jest półprzezroczyste lub ma mały otwór, co pozwala na wyprowadzenie części promieniowania na zewnątrz. Moc wiązki świetlnej emitowanej przez laser może być rzędu miliwatów do dziesiątków kilowatów.

Laser molekularny – cięcie blachy stalowej grubości rzędu 1 cm, szybkość cięcia ok. 1 cm/s.