

Lekcja . Nagrzewnice pojemnościowe, promienniki, elektroniczne urządzenia grzejne

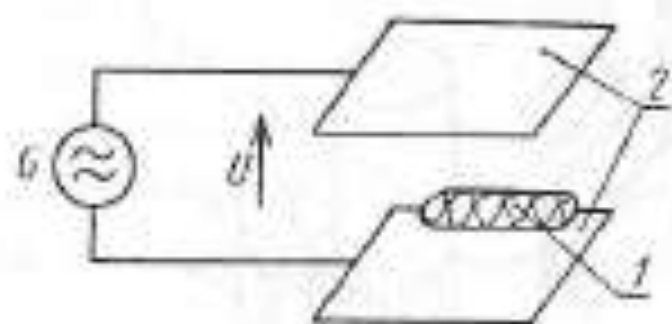
W nagrzewaniu pojemnościowym wykorzystuje się energię ciepłą wydzielaną w dielektrykach umieszczonych w zmiennym polu elektrycznym, np. między okładzinami kondensatora płaskiego (rys.12.12).

Między okładziny kondensatora doprowadza się napięcie o wielkiej częstotliwości, uzyskane z generatora elektronicznego. Zgodnie z konwencją międzynarodową przy nagrzewaniu pojemnościowym wykorzystuje się częstotliwości 13,56 MHz oraz 27,12 MHz i 40,68 MHz. Korzystanie z innych częstotliwości jest zabronione ze względu na zakłócenia radiowe.

We wsadzie wydzielili się w postaci energii cieplnej moc czynna

$$P = U^2 2\pi f C \operatorname{tg} \delta$$

przy czym: P — moc czynna, w W; U — napięcie zasilające, w V; f — częstotliwość napięcia zasilającego, w Hz; C — pojemność kondensatora, w F; $\operatorname{tg} \delta$ — współczynnik stratności dielektrycznej.

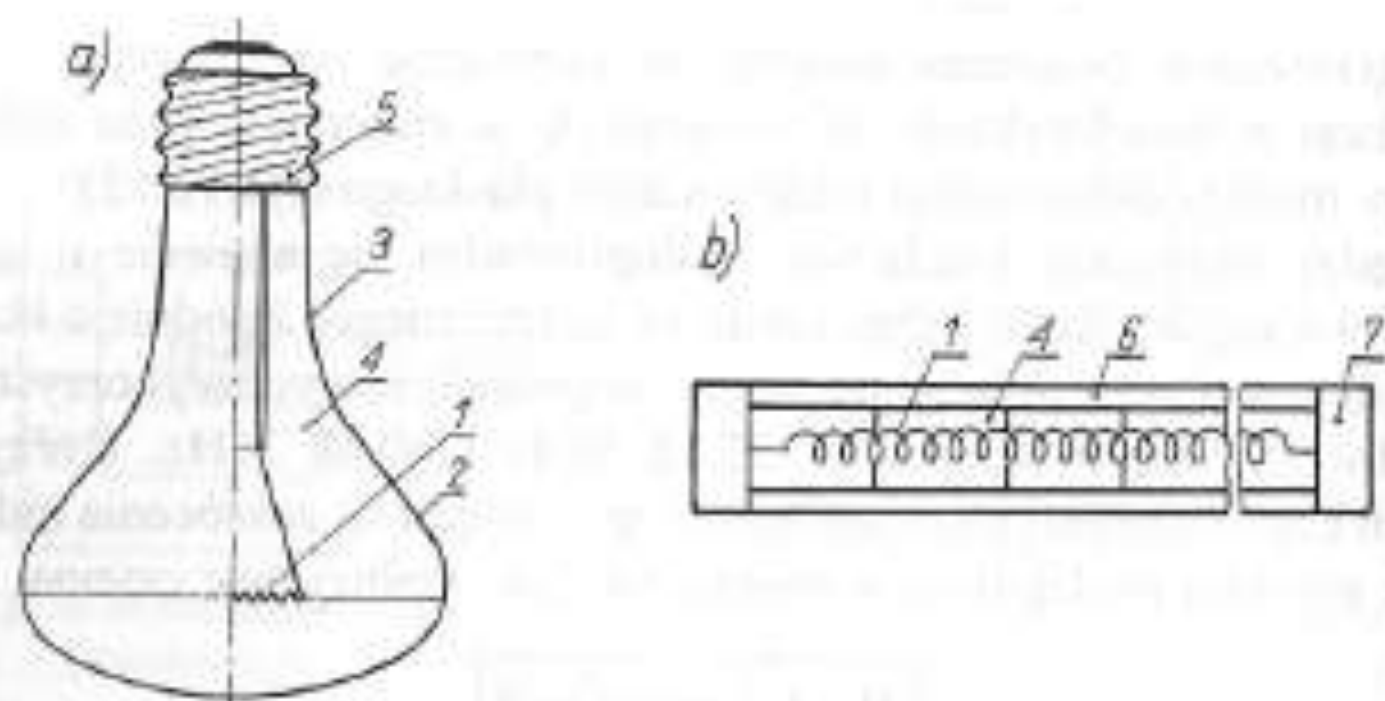


Rys. 12.12. Zasada nagrzewania pojemnościowego
 1 — wsad, 2 — elektrody (okładziny kondensatora),
 G — generator wielkiej częstotliwości

Nagrzewanie pojemnościowe wykorzystuje się w przemyśle do przeróbki tworzyw sztucznych, suszenia drewna, pasteryzacji mleka itp., a w gospodarstwach domowych — w kuchenkach mikrofalowych.

Nagrzewania promiennikowe

Energia cieplna jest przekazywana przez promieniowanie ze źródła promieni podczerwonych — promiennika — do przedmiotu nagrzewanego. Szerokie zastosowanie znalazły **promienniki lampowe i kwarcowe** (rys. 12.13). Nagrzewanie promiennikowe stosuje się w przemyśle głównie w suszarniach i piecach do wypalania powłok lakierniczych.



Rys. 12.13. Promienniki podczerwieni: a) lampowy; b) kwarcowy

1 — skrętka grzejna, 2 — banka szklana, 3 — powłoka odbłaskowa metalowa, 4 — próżnia, 5 — trzonek z gwintem, 6 — rura ze szkła kwarcowego żaroodpornego, 7 — oprawka metalowa

Elektroniczne urządzenia grzejne

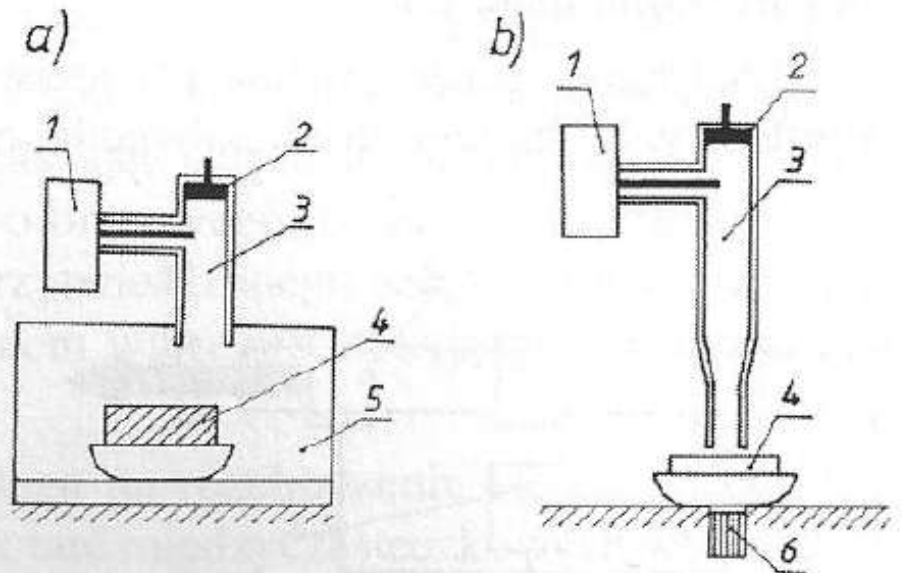
Elektroniczne urządzenia grzejne to nowa generacja urządzeń o coraz powszechniejszym zastosowaniu, szczególnie w takich dziedzinach nauki i techniki, jak: mikrotechnika (np. budowa mikroprocesorów), technika kosmiczna, mikrochirurgia i inne. Ich zasada działania opiera się na przekazywaniu energii za pośrednictwem fal elektromagnetycznych i akustycznych, promieniowania elektronowego i jonowego, wiązki fotonowej lub plazmy, często bez mechanicznej czy elektrycznej styczności między źródłem i wsadem. Umożliwia to osiągnięcie ogromnej precyzji i czystości zachodzących procesów, nieosiągalnych przy stosowaniu klasycznych układów grzewczych.

Mikrofalowe urządzenia grzejne

Zasada działania urządzeń mikrofalowych jest oparta na poznanym już zjawisku nagrzewania pojemnościowego (p. 8.6), czyli bezpośredniej przemianie we wsadzie energii elektrycznej w ciepło za pośrednictwem pola elektromagnetycznego. Między grzejnictwem pojemnościowym a mikrofalowym występują jednak znaczne różnice wynikające z różnych wartości częstotliwości, na jakie są one budowane. Dla urządzeń mikrofalowych wydzielono cztery pasma częstotliwości: 915 MHz; 2,735 GHz; 5,8 GHz i 22,125 GHz. Przy tak dużych częstotliwościach klasyczne pojęcie obwodu RLC traci swój sens.

Rys. 8.22. Schematy mikrofalowych urządzeń grzejnych: a) kuchenki mikrofalowej; b) nagrzewnicy mikrofalowej

1 — magnetron, 2 — element dopasowujący, 3 — falowód, 4 — wsad, 5 — rezonator wnekowy, 6 — urządzenie pochłaniające



Typowe mikrofalowe urządzenie grzejne składa się z **magnetronu**, który jest źródłem energii wielkiej częstotliwości, **falowodu**, odgrywającego rolę przewodnika mikrofal, oraz rezonatora wewnętrznego, w którym umieszcza się wsad. Przykładem takiego urządzenia jest **kuchenka mikrofalowa** stosowana w gospodarstwie domowym (**rys. 8.22a**). Przyrządzanie potraw w kuchence polega na błyskawicznym grzaniu się wsadu na skutek pochłaniania mikrofal przez wodę (dielektryk), która w znacznych ilościach znajduje się we wsadzie.

Efekt grzejny uzyskuje się również, umieszczając wsad wewnątrz falowodu lub w jego pobliżu (**rys. 8.22b**). W taki sposób np. są zbudowane nagrzewnice mikrofalowe powszechnie stosowane w przemyśle farmaceutycznym i medycynie (sterylizacja) oraz w gastronomii (błyskawiczne podgrzewanie potraw wcześniej przygotowanych i zamrożonych).

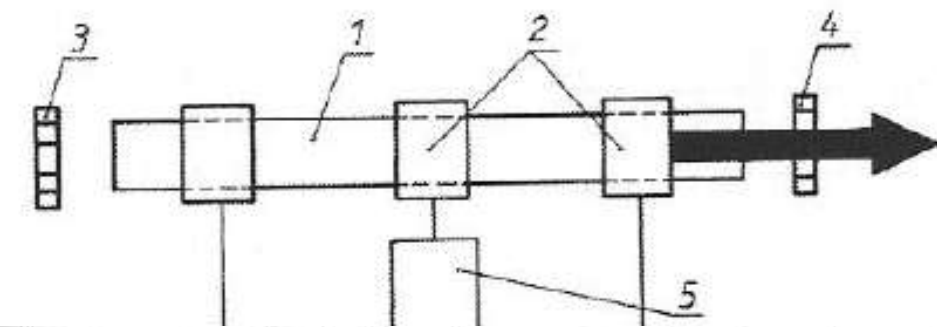
Fotonowe urządzenia grzewcze

W fotonowych urządzeniach grzejnych wykorzystano zjawisko przenoszenia energii za pomocą promieniowania elektromagnetycznego widzialnego (promieniowane **laserowe**) i podczerwonego (promieniowanie **iraserowe**)

Promieniowanie fotonowe zarówno laserowe, jak i iraserowe charakteryzują trzy specyficzne cechy: **spójność**, **monochromatyczność** i **zbieżność**. Światło białe (słoneczne) emitowane w postaci fotonów jest niespójne, gdyż poszczególne kwanty światła są wysyłane w różnym czasie. **Spójność** promieniowania laserowego (dotyczy to także iraserowego) polega na emisji energii świetlnej ze źródła w ściśle określonej jednostce czasu lub z określonym przesunięciem fazowym, co umożliwia otrzymanie wiązki fotonowej o bardzo dużej amplitudzie. Monochromatyczność to cecha fali o ściśle określonej długości. Dla porównania światło widzialne ma długość 380÷780 nm, natomiast długość pro-

mieniowania laserowego określa się z dokładnością do 2 pm. Zbieżność fali umożliwia przesyłanie energii na znaczne odległości, gdyż wiązka laserowa jest prawie równoległa (bardzo dokładne ogniskowanie: $-3 \div 10 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$). Te trzy cechy powodują, że promieniowanie laserowe, mimo stosunkowo niewielkiej energii całkowitej, osiąga moc ok. kilkuset kilowatów. Taka koncentracja energii na niewielkiej powierzchni wywołuje **efekt cieplny** w postaci stopienia i odparowania materiału.

Urządzenia laserowe działają w sposób ciągły lub impulsowy. W **laserach impulsowych** źródłem promieniowania jest kryształ syntetycznego rubinu pod-



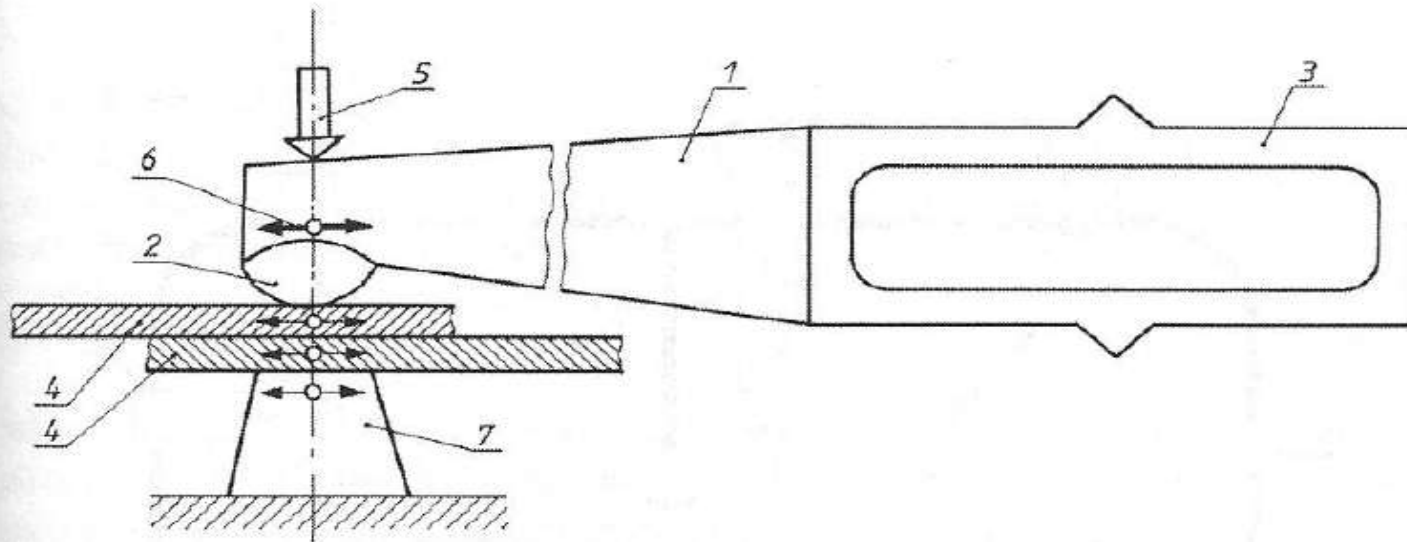
Rys. 8.23. Schemat lasera o działaniu ciągłym
1 – rura zawierająca mieszaninę helu i neonu,
2 – elektrody układu wzbudzającego, 3 – zwierciadło nieprzezroczyste, 4 – zwierciadło prze-

dawany naświetlaniu, natomiast w laserach o działaniu ciągłym – rozrzedzona mieszanina helu i neonu umieszczona w szklanej rurze (**rys. 8.23**).

Laserowe urządzenia grzejne mają bardzo rozległe zastosowanie, przede wszystkim w tzw. technologiach specjalnych (ciecie, nacinanie, spawanie, drążenie otworów w materiałach bardzo twardych, takich jak diament i korund) oraz w mikroelektronice i mikrochirurgii.

Ultradźwiękowe urządzenia grzewcze

Grzejnictwo ultradźwiękowe opiera się na **przemianie w ciepło fal akustycznych pochłanianych przez wsad**. Do celów technologicznych wykorzystuje się ultradźwięki w zakresie od 16 kHz do 10 MHz. Podstawowym elementem urządzenia jest **wibrator** (rys. 8.24), który składa się z przetwornika ultradźwiękowego, koncentratora energii i sonotrody. Wibrator jest zasilany z elektronicznego generatora.



Rys. 8.24. Schemat zgrzewania ultradźwiękowego

1 — transformator, 2 — sonotroda, 3 — przetwornik magnetostrykcyjny, 4 — materiały zgrzewane, 5 — aplikator siły docisku, 6 — kierunek drgań, 7 — kowadełko

Działanie **przetwornika** polega na odkształceniu mechanicznym materiału pod wpływem pola elektrycznego (przetworniki piezoelektryczne i elektrostrykcyjne) lub pola magnetycznego (przetworniki magnetostrykcyjne). Wywołuje to drgania o amplitudzie w granicach $1 \div 100 \mu\text{m}$. **Koncentratory energii** pełnią funkcję soczewek akustycznych, zwiększając natężenie ultradźwięku. Są wykonane najczęściej ze stopu aluminiowo-brązowego, tytanu, mosiądzu lub stali, w kształcie zwężającego się pręta, przytwierdzonego szerszym przekrojem do przetwornika. **Sonotroda** jest elementem wibratora stykającym się bezpośrednio z nagrzewanym materiałem.

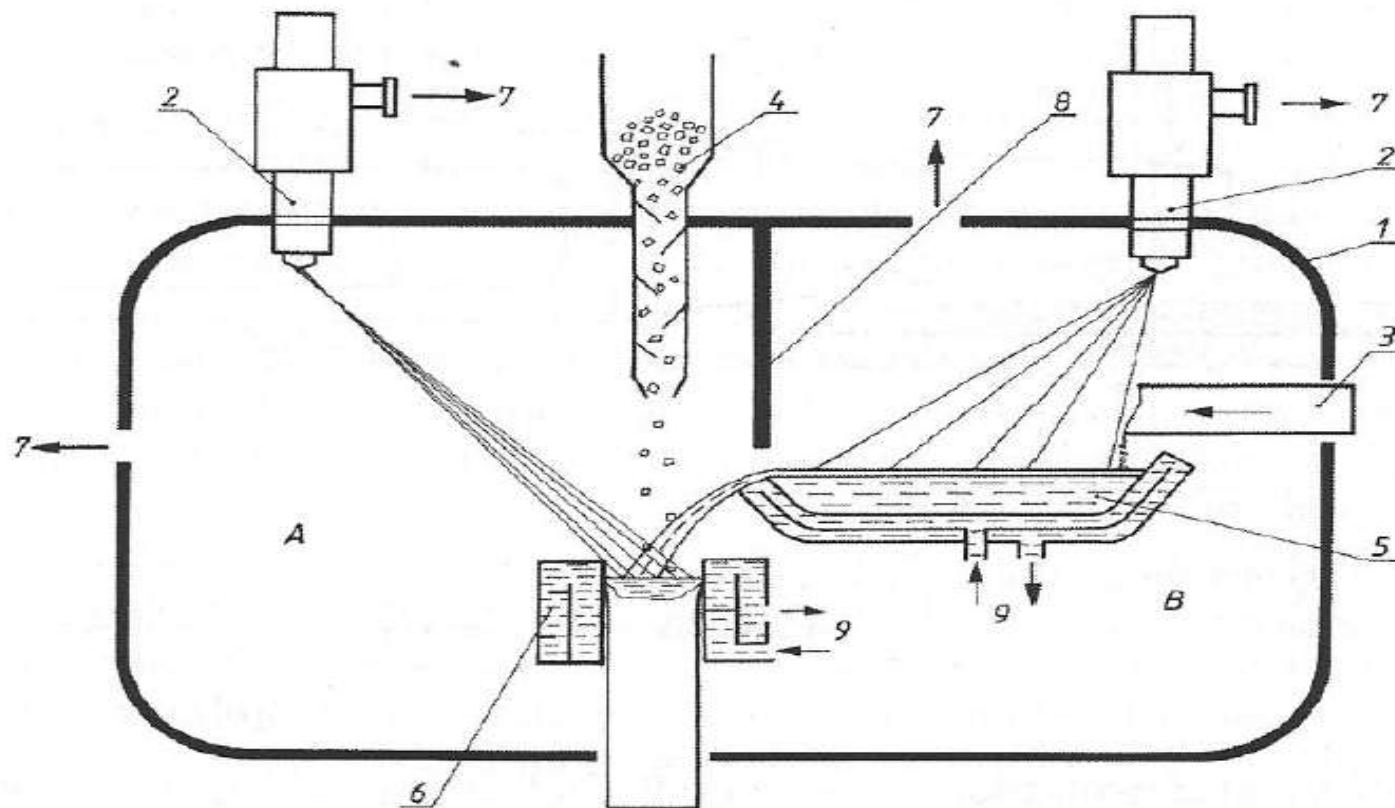
Nagrzewanie ultradźwiękowe polega na rozchodzeniu się fal we wsadzie w postaci ruchu drgającego. Na skutek tarć międzycząsteczkowych wydzielą się ciepło. Drgania powodują także rozrywanie struktury powierzchniowej materiałów i lokalne podwyższenie temperatury, co powoduje zgrzewanie materiałów.

Czas zgrzewania jest przy tym bardzo krótki (nie przekracza 4 s), a temperatura tylko nieznacznie przekracza temperaturę topnienia materiału. Są to niewątpliwe zalety ultradźwiękowego grzejnictwa.

Grzejnictwo ultradźwiękowe znalazło szerokie zastosowanie w mikroelektronice do kapslowania elementów półprzewodnikowych, produkcji kondensatorów oraz do łączenia przewodów w mikroukładach (wyprowadzenia układów scalonych).

Elektronowe urządzenia grzejne

Wiązka elektronów, bombardując wsad z określoną energią kinetyczną, wnika w jego wnętrze i ulega gwałtownemu wyhamowaniu. Elektrony oddziałując na sieć krystaliczną materiału wsadu zakłócają pole elektryczne jego cząstek, czego wynikiem jest wzrost temperatury wsadu w strefie napromieniowania.



Rys. 8.25. Schemat pieca elektronowego do ciągłego topnienia przepływowego

A — komora o ciśnieniu 10^{-1} Pa, *B* — komora o ciśnieniu $10^{-2} \div 10^{-3}$ Pa, *1* — obudowa pieca, *2* — wyrzutnie osiowe, *3* — wsad, *4* — dodatki stopowe, *5* — wanna ze stopniowym wsadem, *6* — krystalizator, *7* — układy próżniowe, *8* — przegroda komory, *9* — układy chłodzące

Podstawowym elementem elektronowych urządzeń grzejnych jest **wyrzutnia elektronów**, która wytwarza, przyspiesza, formuje i ogniskuje wiązkę elektronową. Piece elektronowe do ciągłego topienia metali (**rys. 8.25**) mają kilka takich wyrzutni oraz dwie komory próżniowe. W jednej komorze znajduje się topiony wsad, natomiast w drugiej — składniki stopowe.

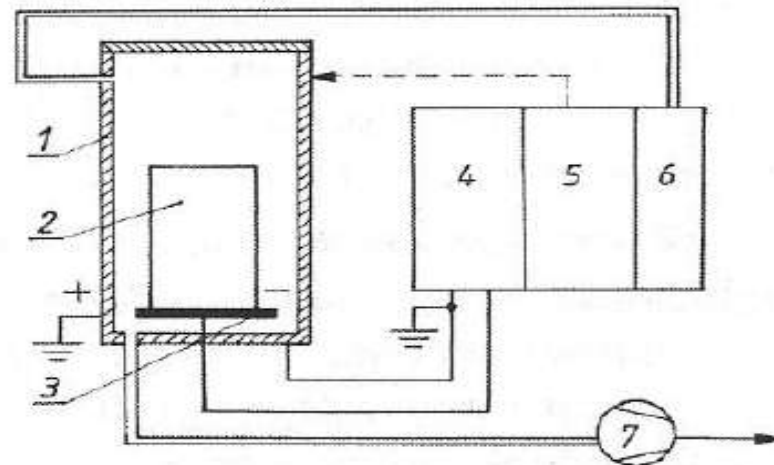
Elektronowe urządzenia grzejne stosuje się do topienia i rafinacji metali trudno topliwych oraz stali specjalnych. Umożliwiają one osiągnięcie niespotykanej w innych metodach czystości stopów. Można je również stosować do spawania (brak zanieczyszczeń pochodzących od elektrod), drażenia otworów w materiałach bardzo twardych oraz perforacji.

Jarzeniowe urządzenia grzejne

Przykładem urządzenia jarzeniowego jest popularna świetlówka (patrz p. 7.3.2). Działanie urządzeń grzejnych opiera się na podobnej zasadzie, czyli wyładowaniu jarzeniowym w rozrzedzonym gazie (np. neonie o ciśnieniu $1 \div 10$ hPa) pod wpływem różnicy potencjałów. W klasycznym **piecu jarzeniowym** (rys. 8.26) wsad jest katodą, do której doprowadza się napięcie o wysokim potencjale ujemnym. Natomiast anodę stanowi obudowa mająca potencjał ziemi. Nagrzewanie

Rys. 8.26. Schemat jarzeniowego urządzenia grzejnego

1 — zbiornik próżniowy (anoda), 2 — wsad, 3 — trzon przyłączony do elektrody ujemnej, stanowiący katodę, 4 — zasilacz, 5 — układ sterujący, 6 — dozownik gazu, 7 — pompa próżniowa



wsadu jest wynikiem bombardowania powierzchni katody przez zjonizowane cząsteczki gazu. Przy okazji następuje wybijanie atomów z powierzchni katody i osadzanie ich na elementach znajdujących się w pobliżu.

Jarzeniowe urządzenia grzejne są stosowane głównie do obróbki cieplno-chemicznej metali, np. do azotowania, nawęglania, cyjanowania stali.