

Zdzisław LIPIARZ
Stanisław TOCHOWICZ

WPŁYW PARAMETRÓW PROCESU EŻP NA WIELKOŚĆ ZGARU
SKŁADNIKÓW STOPOWYCH PRZETAPIANYCH METALI

Streszczenie. Przyjmując założenia wstępne, dotyczące m.in. stanu powierzchni elektrod przed przetopem, zawartości tlenu w metalu elektrody oraz składu chemicznego żużła wyprowadzono zależności obrazujące wpływ parametrów fizycznych procesu na wielkość zgaru aktywnych składników przetapianych metali. Z analizy uzyskanych zależności wynika, że przy określonych stałych warunkach procesu przetapiania zgar aktywnych składników stali może się zmniejszać ze wzrostem powierzchni kąpieli żużlowej. Zależności te znalazły potwierdzenie w wynikach EŻP uzyskanych w warunkach laboratoryjnych, odnoszących się do stali zawierającej ok. 25% Cr i 5% Al.

Wielkość zgaru składników stopowych metali przetapianych elektrożużlowo uzależniona jest przede wszystkim od ich powinowactwa do tlenu oraz od warunków przebiegu procesów cząstkowych, decydujących o ilości tlenu przechodzącego do strefy reakcji i o przebiegu reakcji utleniania.

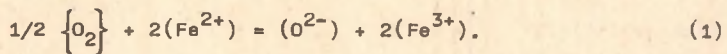
Przyjmując założenie, że przetapianiu są poddawane elektrody o powierzchni pozbawionej warstwy tlenków, że składniki żużła są trwale termodynamicznie w warunkach procesu przetapiania oraz pomijając wpływ tlenu zawartego w materiale elektrody w postaci rozpuszczonej oraz tlenkowych wtrąceń niemetalicznych - wówczas zgar składników stopowych w czasie przetapiania będzie w głównej mierze wynikiem oddziaływania atmosfery powietrza.

W tych warunkach oddziaływanie atmosfery powietrza na wielkość zgaru składników stopowych związane będzie z utlenianiem powierzchni elektrody i przechodzeniem do żużła powstałych tlenków oraz z adsorpcją tlenu na powierzchni żużla i utlenianiem jego składników [1].

Ilość tlenu wnoszonego przez utlenianą w czasie przetapiania powierzchnię elektrody zależy przede wszystkim od:

- składu chemicznego atmosfery (p_{O_2});
- warunków temperaturowych procesu utleniania;
- odporności przetapianego metalu na utleniające działanie atmosfery powietrza;
- warunków technologicznych procesu przetapiania.

Utlenianie składników żużła przebiega natomiast przykładowo według uproszczonej reakcji sumarycznej:



Utworzone w wyniku przebiegu powyższych procesów jony, na skutek dyfuzji i ruchów konwekcyjnych żużła, przemieszczają się ku powierzchni podziału faz żużel - metal, co prowadzi do utleniania aktywnych składników stopowych metalu.

Szybkość przebiegu dowolnego procesu cząstkowego, w tym również reakcji utleniania, określa zależność [2]:

$$V_1 = k_1 \cdot F_1 \cdot \Delta a_1, \quad (2)$$

gdzie:

- k_1 - stała szybkości procesu cząstkowego;
- F_1 - powierzchnia, na której przebiega proces;
- Δa_1 - gradient aktywności reagujących substancji.

Zgodnie z tą zależnością zgar aktywnego składnika przetapianego metalu ΔM_e w wyniku oddziaływania atmosfery powietrza na powierzchnię kąpielii żużłowej będzie proporcjonalny do ilości przechodzącego tą drogą tlenu w odniesieniu do ilości stopionego metalu.

$$(M_e)_{\text{utlen. powierzn. kąp. żużła}} = \frac{k \cdot F_{\text{kąp. żużł.}} \cdot \Delta a_{(O)}}{\frac{\pi}{4} d_{el}^2 h_{el} \cdot \rho}, \quad (3)$$

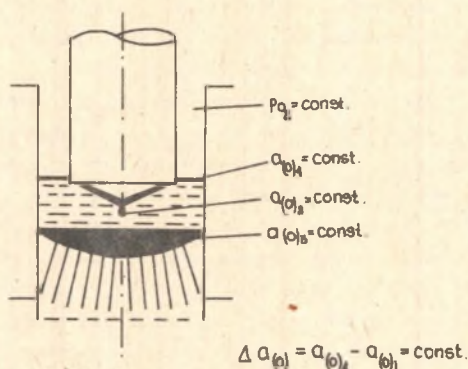
gdzie:

- k - stała szybkości przebiegu reakcji heterogenicznej;
- d_{el} - średnica elektrody;
- h_{el} - długość stopionej elektrody;
- ρ - gęstość właściwa stopionego metalu;
- $F_{\text{kąp. żużł.}}$ - powierzchnia kąpielii żużłowej;
- $\Delta a_{(O)}$ - gradient aktywności substancji (tlenu);
- t - czas przetapiania.

Z uwagi na stały skład chemiczny atmosfery oraz równomierne stapianie jednorodnego pod względem składu chemicznego wsadu można przyjąć założenie, że gradient aktywności tlenu $\Delta a_{(O)} = \text{const.}$ - rys. 1.

Uwzględniając w równaniu (3) zależność Arrheniusa w postaci:

$$k = A_e \cdot e^{-\frac{\Delta E}{RT}}, \quad (4)$$



Rys. 1. Rozkład aktywności tlenu w warunkach ustabilizowanego przebiegu procesu EŻP

gdzie:

A - stała Arrheniusa;

ΔE - energia aktywacji;

oraz, że prędkość stapiania

$$V_{\text{top.}} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{el}}^2 \cdot h_{\text{el}} \cdot \gamma \cdot t^{-1} \quad (5)$$

uzyskuje się:

$$(\Delta M_{\text{e}})_{\text{utlen. powierzch. kępi. żużl.}} = \frac{D}{V_{\text{top.}}} e^{-\frac{\Delta E}{RT}} \cdot F_{\text{kępi. żużl.}} \quad (6)$$

gdzie $D = A \cdot \Delta a_{(O)} = \text{const.}$

Z zależności [3]:

$$L = \frac{U}{I} \frac{F_{\text{el}}}{\varrho} \quad (7)$$

gdzie:

L - odległość elektroda - powierzchnia kępieli metalowej w krystalizatorze;

U, I - napięcie i natężenie prądu przetapiania;

F_{el} - powierzchnia przekroju poprzecznego elektrody;

ϱ - oporność żużla.

wynika, że zmianie przekroju poprzecznego elektrody (średnicy) przy stałych pozostałych parametrach towarzyszy m.in. zmiana odległości elektroda - wlewka. Odległość ta decyduje z kolei o rozkładzie temperatur w kępieli żużlowej i metalowej a więc i o warunkach przebiegu - w tym także na powierzchni kępieli żużlowej.

Od przekroju poprzecznego elektrody przy stałym przekroju krystalizatora uzależniona jest również wielkość powierzchni kąpielii żuźlowej oraz odległość elektroda - ściana krystalizatora.

Wielkości te mają istotny wpływ na ilość ciepła wypromieniowanego przez powierzchnię kąpielii żuźlowej oraz na wartość składowej prądu przetapiania, płynącego drogą elektroda-żuźel-krystalizator, czyli na ilość ciepła wydzielającego się w powierzchniowej warstwie żuźla.

Ponieważ małym przekrojom poprzecznym elektrod odpowiada głębokie ich zanurzenie w żuźlu, duża powierzchnia kąpielii żuźlowej, z której następuje wypromieniowanie ciepła, mała ilość ciepła wydzielonego w powierzchniowej warstwie żuźla wskutek małej wartości składowej prądu elektroda-żuźel-krystalizator, z czym łączy się obniżenie temperatury powierzchniowych warstw żuźla, można przyjąć, że średnia temperatura powierzchniowej warstwy żuźla jest odwrotnie proporcjonalna do wielkości powierzchni kąpielii żuźlowej (przy stałych pozostałych parametrach):

$$T = \frac{b}{F_{\text{kąp. żuźl.}}}, \quad (8)$$

gdzie:

b - współczynnik liczbowy.

Przyjmując ponadto, że energię aktywacji reakcji utleniania danego składnika stopowego przetapianej stali nie zależy od temperatury, czyli że $\Delta E = \text{const.}$, wówczas równanie (6) uzyskuje postać:

$$(\Delta M_e)_{\text{utlen. powierzn. kąp. met. żuźla}} = \frac{D}{V_{\text{top}}} F_{\text{kąp. żuźl.}} e^{-B F_{\text{kąp. żuźl.}}}, \quad (9)$$

gdzie

$$B = \frac{\Delta E}{Rb}.$$

Następnym źródłem tlenu jest warstwa tlenków tworzących się na powierzchni elektrody w czasie jej stapiania. Zgar aktywnych składników stopu zależy również od ilości tych tlenków w odniesieniu do ilości przetopionego metalu, a zatem od odporności metalu na utleniające działanie atmosfery. Do decydujących czynników należy w tym przypadku skład chemiczny przetapianego metalu, wielkość powierzchni oddziaływanie atmosfery - zwłaszcza w strefie wysokich temperatur - oraz czas. Można przyjąć, że ilość powstałych tlenków określa równanie:

$$V_{\text{tlenków}} = \mathcal{F} d_{\text{el}} h x, \quad (10)$$

gdzie:

- $V_{\text{tlenków}}$ - objętość warstwy tlenków;
 h - długość odcinka elektrody o temperaturze powyżej ok. 1200°C;
 x - grubość warstwy tlenków.

Przyjmując uproszczenie, że utlenianie powierzchni elektrody przebiega wg liniowego prawa utleniania, wówczas grubość warstwy tlenków określa zależność:

$$x = k_{\text{utl.}} \cdot t, \quad (11)$$

gdzie:

- $k_{\text{utl.}}$ - stała utleniania;
 t - czas.

Korzystając z tej zależności zgar składników stopowych spowodowany wskutek przejścia do procesu tlenu w wyniku utleniania powierzchni elektrody w czasie przetapiania można określić równaniem:

$$(\Delta M_e)_{\text{utlen. powierzh. elekt.}} = \frac{c' \pi d_{\text{el}} h' k_{\text{utl.}} t}{4 d_{\text{el}}^2 h_{\text{el}} \cdot \gamma}, \quad (12)$$

gdzie:

- c' - współczynnik liczbowy.

Korzystając z zależności (5) oraz przyjmując, że $C = c' k_{\text{utl.}} \cdot \pi$, uzyskuje się:

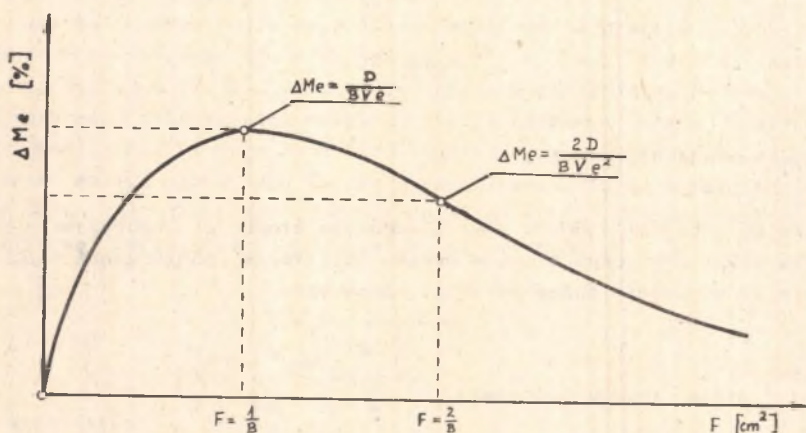
$$(\Delta M_e)_{\text{utlen. powierzhn. elekt.}} = C d_{\text{el}} h' V_{\text{top}}^{-1}. \quad (13)$$

Całkowity zgar aktywnych składników w wyniku oddziaływania atmosfery powietrza można wyliczyć ze wzoru:

$$\begin{aligned}
 (\Delta M_e)_{\text{oddział. atm.}} &= (\Delta M_e)_{\text{utlen. powierzh. kęp. żużł.}} + \\
 + (\Delta M_e)_{\text{utlen. powierzhn. elek.}} &= (D F_{\text{kęp. żużł.}} e^{-BF_{\text{kęp. żużł.}}} + \\
 + C d_{\text{el}} h' V^{-1}. & \quad (14)
 \end{aligned}$$

Wielkości D i B zależą w dużym stopniu od cech charakterystycznych żużla a wielkość C od cech charakterystycznych metalu. Dla danych wartości tych wielkości można dla określonych warunków przekroju elektrody i krystalizatora oraz prądowych warunków przetapiania wpływających na szybkość przetapiania wyliczyć wielkość zgeru aktywnych składników stopu.

Analiza pierwszego członu równania (14) prowadzi do ciekawego wniosku, że w określonych warunkach prowadzenia procesu zgar aktywnych składników stopowych może się zmniejszać ze wzrostem powierzchni kąpielii żuźlowej, czyli w wyniku zmniejszenia stosunku średnicy przetapianej elektrody do średnicy krystalizatora - rys. 2.



Rys. 2. Charakter zmian zgaru aktywnych składników przetapianych elektrożuźlowo metali w zależności od wielkości powierzchni kąpielii żuźlowej

Zależności te sprawdzono doświadczalnie w skali laboratoryjnej. Przetapiając stal o zawartości ok. 25% Cr i 5% Al wyliczono dla zbioru kilkunastu przetopów wartości stałych B ; C i D . Korzystając z tych wielkości wykreślono krzywe zgaru Al w zależności od wielkości powierzchni kąpielii żuźlowej. Wyniki zgaru glinu odczytywane z otrzymanej krzywej dla wszystkich następujących przetopów prowadzonych przy parametrach zbliżonych do parametrów, dla których wyliczono wielkości B , C i D , były zgodne ze zgarem wyliczonym na podstawie analizy chemicznej.

LITERATURA

- [1] Lipiarz Z., Tochowicz S.: Zesz. Nauk. Pol. Śl. Hutnictwo z. 3, ss. 59-65.
- [2] Mazanek T., Mamro K.: Podstawy teoretyczne metalurgii żelaza. Śląsk 1969.
- [3] Mazanek T., Tochowicz S.: Elektrometalurgia stali. Śląsk 1973.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ЭР НА ВЕЛИЧИНУ УГАРА ЛЕГИРОВАННЫХ КОМПОНЕНТОВ ПЕРЕПЛАВЛЕННЫХ МЕТАЛЛОВ

Резюме

Принимая исходные данные, касающиеся между прочим состояния поверхностей электродов перед переплавкой, содержание кислорода в металле электрода и химического состава шлака выведено зависимость, которая определяет влияние физических параметров процесса на величину угара активных компонентов переплавленных металлов. Из анализа полученных зависимостей следует, что при определённых постоянных условиях процесса переплавки угар активных компонентов стали может уменьшаться с увеличением поверхности щелочной ванны (шлаковой). Эти зависимости нашли подтверждение в результатах ЭР полученных в лабораторных условиях, относящихся к стали содержащей около 25% Cr и 5% Al.

THE INFLUENCE OF ESM PARAMETERS ON THE QUANTITY OF MELTING LOSSES OF MELTING CONSTITUENTS OF THE RE-MELTED METALS

Summary

Agreeing to the preliminary assumptions pertaining, among other things, to the state of electrode surfaces before re-melting, the oxygen content in the electrode metal, and the chemical constitution of slag, the relations depicting the influence of physical parameters on the quantity of melting losses of the active components of the re-melted metals have been determined. The analysis of results points at the fact that with the defined constant conditions of the process of re-melting, the melting losses of the active components of steel can diminish together with the increase of the slag bath surface. These relations have been confirmed by the results of ESM (Electro-Slag Melting) achieved in the laboratory conditions pertaining to steel comprising appr. 25% Cr and 5% Al.