

Jerzy LATUSEK

OKREŚLENIE MASY KOŃCOWEJ ROZTWORÓW WIELOSKŁADNIKOWYCH
W PROCESACH PRODUKCJI STOPÓW METALI

Streszczenie. Ważnym momentem w procesie wytapiania wieloskładnikowych stopów metali jest obliczenie niezbędnych dodatków stopowych. Określenie ilości poszczególnych dodatków wymaga znajomości masy końcowej wytopu, jaka utworzy się po uzupełnieniu wszystkich składników. Celem przedstawionych rozważań było wyprowadzenie ogólnego analitycznego równania służącego do określania masy końcowej kąpeli wieloskładnikowej, gdy znane są: masa początkowa roztworu jego skład początkowy i końcowy oraz skład chemiczny stosowanych dodatków stopowych. Zastosowanie proponowanej zależności pokazano na przykładzie obliczenia dodatków stopowych przy wytapianiu stali w gat. 1H18N9T.

Jednym z etapów procesu wytapiania stopów metali jest uzupełnienie składu chemicznego kąpeli metalowej dodatkami stopowymi. Ilość wprowadzanych do kąpeli metalowej dodatków stopowych, zależna jest od różnicy pomiędzy stężeniami pierwiastków w ciekłej kąpeli a wymaganym składem chemicznym gotowego metalu, od masy kąpeli metalowej oraz od zawartości czystych składników w dodatkach stopowych. Wprowadzenie kolejnych porcji dodatków stopowych prowadzi oczywiście do wzrostu masy kąpeli metalowej.

Wskutek tego, gdy np. do roztworu wprowadzi się dokładnie wyliczoną ilość dodatku "a" i zacznie uzupełniać składnik "b", to wzrost masy wytopu spowodowany dodatkiem składnika "b" spowoduje pewne rozcieńczenie się pierwiastka "a" w kąpeli metalowej. Po dodaniu do roztworu n-tego składnika i przeliczeniu wszystkich stężeń w odniesieniu do masy końcowej wytopu, stwierdzi się, że najsilniejszemu rozcieńczeniu uległ składnik "a", następnie "b", "c", "n-1".

Gdy liczba dodawanych składników oraz różnice stężeń pomiędzy zawartościami pierwiastków w kąpeli metalowej, a wymaganiami analizy chemicznej gotowego stopu są niewielkie, to wzrost masy wytopu i związane z nim rozcieńczenia uzupełnianych składników są nieznaczne i nie mają istotnego wpływu na trafienie analizy chemicznej. Sytuacje takie występują np. przy wytapianiu stali zwykłych i niskostopowych. W procesach wytapiania wieloskładnikowych wysokostopowych metali przyrosty mas wytopów wynikające z dodawania kolejnych składników są znaczne. Dochodzą one do kilkunastu i więcej procent masy początkowej wytopu. Wówczas zagadnienie precyzyjnego określenia wielkości wszystkich dodatków stopowych nabiera istotnego znaczenia i ma wpływ na trafienie analizy chemicznej wytapianego stopu.

Skuteczna i często stosowana w praktyce metoda obliczania dodatków stopowych polega na przyjęciu pewnej masy końcowej ciekłego roztworu i określeniu ilości poszczególnych dodatków w odniesieniu do założonej uprzednio masy. Obliczenie jest poprawne, gdy suma mas poszczególnych dodatków i masy początkowej wytopu równa jest przyjętej do obliczeń masie końcowej kąpieli.

Dokładność i szybkość obliczenia dodatków stopowych wg przedstawionego sposobu zależy od wprawy z jaką prowadzący wytop oceni masę końcową metalu. Dlatego też często obliczenia takie powtarza się kilka razy.

Masa końcowa wytopu jest funkcją masy początkowej, różnic stężeń uzupełnianych składników i zawartości tych składników w dodatkach stopowych. Poniżej przedstawiony zostanie sposób określenia masy końcowej roztworu wieloskładnikowego, gdy znane są następujące wielkości:

- 1) masa początkowa kąpieli,
- 2) początkowy skład chemiczny kąpieli,
- 3) końcowy skład chemiczny kąpieli,
- 4) skład chemiczny dodatków stopowych.

Niech roztwór wieloskładnikowy ma masę początkową m_0 i stężenia początkowe składników równe: $a_0, b_0, \dots, i_0, \dots, n_0$. Stężenia końcowe składników wynoszące: $a_1, b_1, \dots, i_1, \dots, n_1$ a zawartości pierwiastków a, b, i, n w dodatkach stopowych równe są: $a_2, b_2, \dots, i_2, n_2$.

Powyższe stężenia spełniają warunki

$$a_0 \leq a_1 < a_2, \quad b_0 \leq b_1 < b_2, \dots, \quad i_0 \leq i_1 < i_2, \dots, \quad n_0 \leq n_1 < n_2 \quad (1)$$

Po uzupełnieniu wszystkich wymaganych dodatków stopowych, masa końcowa roztworu wieloskładnikowego będzie równa:

$$m_k = m_0 + m_a + m_b + \dots + m_i + \dots + m_n \quad (2)$$

$$m_k = m_0 + \sum m_i \quad (3)$$

gdzie: $m_a, m_b, \dots, m_i, \dots, m_n$ - masy poszczególnych dodatków stopowych.

Spróbujemy obliczyć ile wynosi masa m_i dowolnego składnika "i" dodawanego do roztworu, tak aby w masie końcowej $m_k > m_0$ jego stężenie było równe $i_1 > i_0$.

Wzrost masy wytopu z m_0 do m_k spowoduje rozcieńczenie i_0 do stężenia

$$i = i_0 \frac{m_0}{m_k} \quad (4)$$

Różnica stężeń

$$\Delta i = i_1 - i = i_1 - i_0 \frac{m_0}{m_k}, \quad (5)$$

uzupełniona zostanie dodatkiem, którego masa równa jest:

$$m_i = \frac{\Delta i \cdot m_k}{i_2} = \frac{(i_1 - i_0 \frac{m_0}{m_k}) \cdot m_k}{i_2} = m_k \frac{i_1}{i_2} - m_0 \frac{i_0}{i_2} \quad (6)$$

Podstawiając (6) do (3) otrzymamy:

$$\begin{aligned} m_k &= m_0 + \sum \left(m_k \frac{i_1}{i_2} - m_0 \frac{i_0}{i_2} \right) = \\ &= m_0 + \sum m_k \frac{i_1}{i_2} - \sum m_0 \frac{i_0}{i_2} = \\ &= m_0 \left(1 - \sum \frac{i_0}{i_2} \right) + m_k \sum \frac{i_1}{i_2}. \end{aligned} \quad (7)$$

stąd

$$m_k = \frac{m_0 \left(1 - \sum \frac{i_0}{i_2} \right)}{1 - \sum \frac{i_1}{i_2}}. \quad (8)$$

Zależność (8) pozwala na określenie masy końcowej wytopu przy omówionych wyżej założeniach. Stężenia i_0 , i_1 , i_2 mogą być wyrażone w procentach wagowych lub w innych jednostkach. Wzór (8) nie uwzględnia jednak wpływu upału dodatków na masę końcową wytopu. Po obliczeniu masy końcowej wytopu, masy poszczególnych dodatków stopowych oblicza się w oparciu o zależności (4), (5), (6). Przedstawione zależności mogą służyć do dokładnego obliczenia wielkości dodatków stopowych w produkcji stali stopowych oraz innych metali i roztworów.

Przykład. Obliczyć ilość dodatków stopowych potrzebnych do uzupełnienia składu chemicznego stali w gatunku 1H18N9T

Dane: $m_0 = 10000$ kg

Skład chem. kąpielii:
początkowy

końcowy

Skład chem. żelazostopów

% Cr ₀ = 12,0	% Cr ₁ = 18,0	% Cr ₂ = % Cr w FeCr = 65
% Ni ₀ = 7,10	% Ni ₁ = 9,0	% Ni ₂ = % Ni w Ni = 99
% Mn ₀ = 1,10	% Mn ₁ = 1,50	% Mn ₂ = % Mn w FeMn = 81
% Ti ₀ = 0,0	% Ti ₁ = 1,0	% Ti ₂ = % Ti w FeTi = 30

$$m_k = \frac{10000 \left(1 - \frac{\% Cr_o}{\% Cr_2} + \frac{\% Ni_o}{\% Ni_2} + \frac{\% Mn_o}{\% Mn_2} + \frac{\% Ti_o}{\% Ti_2} \right)}{1 - \frac{\% Cr_1}{\% Cr_2} + \frac{\% Ni_1}{\% Ni_2} + \frac{\% Mn_1}{\% Mn_2} + \frac{\% Ti_1}{\% Ti_2}}$$

$$m_k = \frac{10000 (1 - 0,1845 + 0,0718 + 0,01357 + 0)}{1 - 0,277 + 0,0908 + 0,0185 + 0,0333}$$

$$m_k = \frac{10000 (1 - 0,26987)}{1 - 0,4196} = 12580 \text{ kg}$$

$$m_{FeCr} = 1640 \text{ kg}, \quad m_{Ni} = 424 \text{ kg}, \quad m_{FeMn} = 94 \text{ kg}, \quad m_{FeTi} = 420 \text{ kg}$$

$$m_k = m_o + \sum m_i = 10000 + 2580 = 12580 \text{ kg}$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕВОЙ МАССЫ МНОГОКОМПАКТНЫХ РАСТВОРОВ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА СПЛАВОВ МЕТАЛЛОВ

Резюме

В статье выведены общие аналитические уравнения служащие для определения конечной массы многокомпонентной ванны когда известны: начальная масса раствора, его начальный конечной состав а также химический состав применяемых легирующих присадок.

THE DETERMINATION OF FINAL MASS OF MULTICOMPONENT SOLUTIONS IN THE PROCESS OF ALLOY PRODUCTION

Summary

In the article the general analytical equation for determination of final mass of multicomponent bath has been introduced when the known factors are: initial mass of the solution, initial and final composition of the solution as well as the chemical constitution of the alloy additions.