

STUDIUL TRANSFERULUI DE MASA SI DE CALDURA ÎN CRISTALIZORUL INSTALATIEI DE TURNARE CONTINUA

Erika Monika POPA

UNIVERSITATEA POLITEHNICA TIMISOARA
FACULTATEA DE INGINERIE HUNEDOARA

Abstract

This paper refers to the mass transfer towards the crystallizing vessel. A particular importance was paid to the casting powder. Within the experiments, two types of casting powders were used: the powder resulting from the mechanical mixture of the raw materials and the ground powder resulting from the drying and pulverizing.

Cuvinte cheie:

Transfer de masa, transfer de caldura, turnare continua, instalatie, cristalizor

1. INTRODUCERE

Dezvoltarea economiei mondiale si extinderea unor ramuri de vârf, a avut ca efect o diversificare si îmbunatatire a productiei siderurgice, în vederea corelarii fabricatiei cu solicitarile tot mai exigente ale utilizatorilor. O calitate superioara la un produs siderurgic finit, care sa asigure acestuia competitivitate ridicata, se poate realiza prin conceperea si aplicarea unor tehnologii integrate de elaborare a otelului, turnare, laminare, trefilare, forjare, tratament termic, s.a.

Introducerea turnarii continue în anii 1950, a evoluat îmbunatatind eficienta productiei, calitatii productivitatii si costului. Astazi turnarea continua este modalitatea predominanta prin care se produce otelul. Turnarea continua este folosita pentru a solidifica aproape 750 mil. tone otel, 20 mil. tone aluminiu si multe tone de aliaje produse în lume în fiecare an.

Solutia moderna de turnare a otelului este aceea a turnarii continue, motiv pentru care aceasta a aluat o raspândire foarte mare. Calitatea suprafetei semifabricatelor turnate continuu este influentata, pe lânga o serie de factori tehnologici si de caracteristicile prafurilor de turnare.

Proprietatile produselor turnate continuu, mai ales starea suprafetei, sunt puternic influentate de procesele ce au loc în cristalizor. Aceasta determina formarea unei suprafete fara fisuri si evitarea absortiei carbonului si a incluziunilor nemetalice în zonele apropiate de suprafata.

Un rol important îl joaca transferul de masa si de caldura care are loc în cristalizor.

Transferul de caldura în peretele cristalizorului trebuie sa fie cât mai uniform pentru a se forma o crusta lipsita de tensiuni mari. Pe lânga transferul de caldura în peretele cristalizorului, pentru formarea zgurii de turnare la fel de importante sunt fluxul de masa si de caldura în directia axei cristalizorului. Referitor la aceste fenomene se cunosc relativ

putine lucruri. Zgura formata prin topirea prafului de turnare ajuta la ungerea firului si contribuie la uniformizarea eliminarii caldurii spre peretele cristalizorului.

2. MOD DE LUCRU

Prezenta lucrare se refera la transferul de masa în directia cristalizorului. S-a acordat o importanta deosebita granulatiei prafului de turnare. În cadrul experimentarilor s-au folosit doua tipuri de praf de turnare: praful produs prin amestecul mecanic al materiilor prime si praful granulat care se produce prin procedeul de uscare prin pulverizare.

Vâscozitatea prafulor este asemanatoare, cu toate ca prafulurile au o bazicitate diferita de 1.0 respectiv 0.6 Pa.s, aceasta rezultând din continutul mult mai mare de soda al prafului granulat. De aceea temperaturile de înmuiere, de topire si de curgere sunt apropiate. Continutul de carbon liber este aproximativ egal, de asemenea si continutul de carbon total. În ambele prafuluri de turnare carbonul liber consta din praf de cocs.

Pentru a putea face afirmatii exacte, referitor la transferul de masa în cristalizor, s-a masurat distributia termica în cristalizor. Formarea zgurii în cristalizor si proprietatile zgurii sunt parametrii decisivi pentru formarea crustei firului, întrucât praful de turnare consta din mai multe componente, procesul de topire consta într-o serie de procedee separate si din aceasta cauza este foarte complex.

Un alt procedeu important în sistemul sarja otel-strat praf de turnare-spatiu gazos-cristalizor, este arderea carbonului liber continut de praful de turnare. Carbonul liber reactioneaza odata cu bioxidul de carbon eliberat de carbonat conform relatiei (1). Oxidul de carbon se transforma în bioxidul de carbon, conform relatiei (2). Din cele doua reactii partiale rezulta o a treia reactie, reactie totala (3). Bioxidul de carbon poate contribui la oxidarea carbonului prin intrarea lui în straturile de praf mai adânci si mai fierbinti.



Pentru reactia totala constanta de echilibru este:

$$K_3 = K_1 \cdot K_2 = \frac{P_{CO_2}}{a_c \cdot p_{O_2}} \quad (4)$$

unde: K_1, K_2, K_3 – constanta de echilibru;

p_{CO_2}, p_{O_2} - presiuni partiale [bar];

a_c - activitatea carbonului;

a carei dependenta de temperatura este data de expresia:

$$\log K_3 = \frac{19894}{T} - 1.26 \log T + 4.49 \quad (5)$$

unde: T – temperatura absoluta [0K].

Carbonul liber din praful de turnare arde în primul rând cu oxigenul din aer. Pentru reactia chimica oxigenul din aer trebuie sa fie transportat spre stratul de praf de turnare. Transportul oxigenului pentru procesul de ardere o poate face atât prin difuziune cât si prin convecție în spatiul gazos. Pentru transportul prin difuziune este valabila urmatoarea relatie:

$$i_{O_2}^{dif\ gaz} = \frac{D_{O_2}}{hf} \cdot \frac{p_{O_2}}{RT} \quad (6)$$

unde: $i_{O_2}^{dif.gaz}$ - densitatea fluxului de difuziune a oxigenului în spatiul gazos [$\text{mol}/\text{m}^2 \text{ s}$];
 D_{O_2} - coeficient de difuziune a oxigenului [m^2/s];
 h - grosimea stratului decarburat [m];
 R - constanta generala a gazului [$\text{m}^3 \text{ bar}/\text{K mol}$].

Presiunea partiala a oxigenului la suprafata de separatie exterioara a stratului se egalizeaza cu zero corespunzator calculelor termodinamice.

În tabelul 1 sunt prezentate temperaturile caracteristice în spatiul gazos si coeficientul de difuziune al oxigenului.

Tabelul 1. Valori caracteristice pentru transferul de masa în cristalizor

Marca otel	Praf turnare	Consum specific de praf de turnare kf/t	Temperatura medie în spatiul gazos $^{\circ}\text{C}$	Temperatura în spatiul gazos la marginea superioara a cristalizorului $^{\circ}\text{C}$	D_{O_2} m^2/s	$i_{O_2}^{dif.gaz}$ $\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$
20MnCrS5	STC39/4PS-16	1.0	538	400	$1.25 \cdot 10^{-4}$	$4.7 \cdot 10^{-3}$
Cf53	ST-SP/521	0.53	390	304	$0.88 \cdot 10^{-4}$	$3.9 \cdot 10^{-3}$

Întrucât conform reactiei totale, 1 mol O_2 cu un mol C se transforma în 1 mol CO_2 , din viteza de ardere a carbonului liber se poate calcula consumul de oxigen. Fluxul de oxigen s-a raportat la sectiunea libera a cristalizorului. Valorile determinate sunt redate în tabelul 1. În calcule se pleaca de la ideea ca se oxideaza întregul carbon liber. Daca ar ramâne cantitati reziduale mari atunci acestea ar fi legate prin carburarea continua a otelului, ceea ce nu s-a observat.

Referitor la mecanismul arderii carbonului se admite ca, carbonul liber arde de pe suprafata stratului de praf de turnare. Din încercari de laborator se stie ca arderea carbonului în straturile de praf de turnare are loc la temperaturi începând de la 600°C în sus. Viteza debitului în acest caz este determinata de difuziunea prin pori în stratul decarburat. Aici reactiile chimice se desfasoara mai lent decât difuziunea prin pori si astfel limiteaza viteza debitului. Arderea carbonului liber are loc în interiorul probei.

Pentru calculul arderii carbonului se ia în considerare cazul limita ca debitul prin difuziunea prin pori este limitata în zona decarburata a stratului de praf de turnare. Cresterea în timp a stratului decarburat este invers proportionala cu grosimea stratului conform relatiei:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{k}{h} \quad (7)$$

unde: t – timp [s];

k – constanta de viteza, $k=D \cdot \varepsilon \cdot ?$ [m^2/s].

Se ia în considerare porozitatea stratului prin coeficientii ε si $\lambda=1/\tau$, e reprezinta porozitatea stratului decarburat, ? factor de labirint al stratului decarburat. Oxidarea carbonului liber în stratul de praf de turnare are loc exclusiv prin CO_2 , pentru ca la suprafata exterioara nu exista oxigen, ci numai CO_2 pe lânga azot. Concentratia CO_2 de la suprafata de separatie dintre stratul decarburat si stratul necarburat nu a fost luat în considerare.

Din diferenta mare dintre arderea carbonului în timpul lucrului si arderea calculata conform modelului difuziunii prin pori se deduce ca în stratul de praf de turnare au loc miscari mari de masa si anume nu numai ale gazului ci si ale particulelor de praf de turnare. Miscarea si astfel amestecul de particule solide este provocata de oscilatia cristalizorului, scurgerea zgurii si a otelului în zona meniscului precum si a bulelor de gaz

care se ridică. De aceea transferul de masă nu este determinat de difuziunea prin pori nici la praful produs prin amestecul mecanic al materiilor prime, viteza reacțiilor chimice ale purtătorilor de carbon trece în prim plan drept marime caracteristică. Din acest punct de vedere se poate înțelege comportamentul chimic diferit al purtătorilor de carbon – negru de fum, praș de coals și grafit – care nu s-ar putea explica în cazul difuziunii prin pori.

3. CONCLUZII:

- În încercări de laborator s-a determinat că la temperaturi mari difuziunea gazului apare predominant în zona poroasă decarburată și spațiul gazos deasupra stratului de praș de turnare; aceasta din cauza că umplutura cu materiale solide nu s-a miscat ca în condițiile de exploatare, creuzetul pentru încercări s-a aflat la temperatura constantă în interiorul cuptorului folosit și în urma acestora nu a putut avea loc convecția termică.
- densitatea de material a fost mică; a rezultat că oxigenul necesar – din relația (6) - pentru arderea carbonului liber nu poate fi transportat în aer prin difuziunea gazului spre stratul de praș, transportul oxigenului are loc prin convecție în spațiul gazos deasupra stratului de praș. Se ține cont că aerul care intră în cristalizor este opus curentului de gaze de evacuare.

BIBLIOGRAFIE

- [1.] Thomas, B. G., "Continuous Casting: Modeling", The Encyclopedia of Advanced Materials (Dantzig, J., Greenwell, A., Michalczyk, J., eds.), Pergamon Elsevier Science Ltd., Oxford, UK, Vol. 2, 1999
- [2.] Fic, A., Nowak, A. J., and Bialecki, R., "Heat Transfer Analysis of the Continuous Casting Process by the Front Tacking BEM", Engineering Analysis with Boundary Elements, Vol. 24, p. 215-223, 2000
- [3.] *** - "Documentația tehnică a firmei Mannesmann", 2000.
- [4.] Butnariu, "I., s.a., "Turnarea continuă a semifabricatelor de oțel", Ed. Tehnica, București, 2000.