

Reaktivnost koksa in njen vpliv na delo plavža

UDK: 669.431.22:662.749.2:669.046.462
ASM-SLA: C21a, RMj 43, P13b, Pb

Andrej PAULIN*, Jakob LAMUT*, Drago DRETNIK**

Z lastno metodo merjenja reaktivnosti, ki se bolj približuje pogojem v praksi, smo preiskali 30 koksni vzorcev, izdelali primerjalni diagram med lastno in Koppersovo metodo ter analizirali odvisnosti med reaktivnostjo koksa, specifično porabo koksa v svinčevem plavžu ter sestavo plinov, ki nastajajo z zgorevanjem koksa.

UVOD

Na hod jaškovne peči z reakcijami trdno-plin, kot je npr. potek metalurških reakcij v plavžu, ima odločilen pomen izoblikovanje zgorevnega prostora pred pihalnicami. Na njegovo obliko pa vpliva razporeditev vsipa, njegove lastnosti glede mehčanja in taljenja ter ne nazadnje tudi zgorevnost koksa. Pri obratovanju plavža kažejo praktične izkušnje, da prihaja pri enaki sestavi vsipa do neenakomernosti obratovanja takrat, ko zamenjamo koks. To velja za plavže v črni in v barvni metalurgiji. Obnašanje koksa pa je možno do določene meje zasledovati z ugotavljanjem njegove reaktivnosti.

REAKTIVNOST KOKSA

Za dogajanja v plavžu je poleg standardnih značilnosti za kakovost koksa, kot so zrnatost, sestava, kurilna vrednost ipd., ena najbolj bistvenih značilnosti njegova reaktivnost. Koks, ki pred pihalnicami zgori s prisotnim kisikom iz vpihanega zraka v CO_2 , reagira s tem CO_2 v okoliških plasteh koksa do CO. Hitrost te reakcije oz. stopnja reakcije na enoto časa predstavlja merilo za reaktivnost. Pri tem poznamo dve vrsti reaktivnosti: karboksireaktivnost za zgorevanje ogljika s CO_2 , in oksireaktivnost za reagiranje ogljika s kisikom.⁵

Železarji v ZDA, na Japonskem in v zahodni Evropi so v svojih raziskavah o vplivu reaktivnosti koksa na

porabo v plavžu ugotovili, da dodajanje manj reaktivnih koksov k običajnim koksom pomeni poleg zmanjšanja porabe koksa tudi višje temperature v območju nad pihalicami ter v talilniku¹. Nadalje so raziskave tudi pokazale, da je reaktivnost koksa neposredno odvisna od premoga za koksanje, predvsem od deleža hlapnih snovi v premogu, kar pa je posredno povezano tudi s trdnostjo premoga. Premogi z večjim deležem hlapnih snovi so manj trdni in koks iz njih bolj reaktivni. Tudi manjše zrnatosti koksa imajo večjo reaktivnost zaradi večje reakcijske površine.

V plavžu za svinec, kjer že manjše koncentracije CO v plinu zadoščajo, da začne pri ustreznih temperaturah potekati redukcija svinčevih spojin, pa pomeni čezmerno nastajanje CO nepotrebno porabo koksa.

UGOTAVLJANJE REAKTIVNOSTI KOKSA

Za ugotavljanje karboksireaktivnosti koksov je najbolj znana Koppersova metoda, pri kateri skozi 34 cm^3 goriva, zrnatosti 0,5 do 1 mm, ki je v kremenovi cevki s premerom 15 mm in ogreto na 950°C , vodimo 1,6 l osušenega CO_2 10 minut. Po petkratni ponovitvi poskusa izračunamo iz analiz izhajajočih plinov reaktivnost po obrazcu:

$$r_k = \frac{\% \text{ CO}}{\% \text{ CO}_2 + 1/2 \% \text{ CO}} \cdot 100$$

Zelo reaktivna goriva, kot so oglje in lignitni koks, imajo reaktivnosti 180 do 200, metalurški koks 60 do 100, najmanj reaktivni pa so livarski koks z reaktivnostjo po Koppersu pod 50².

Z namenom, da bi se čim bolj približali dejanskim pogojem v plavžu, smo na VTOZD Montanistika že prej razvili spremenjeno metodo za ugotavljanje reaktivnosti^{6,7}. V jekleno retorto, premera 65 mm, vložimo 300 g koksa, zrnatosti 30 do 40 mm (kar je bližje dejanski zrnatosti koksa v plavžu). V argonovi atmosferi segrejemo vložek na 950°C , nato spustimo skozi plast tok CO_2 . Med poskusom merimo s termotehtnico zmanjšanje mase vzorca zaradi reakcije med ogljikom in CO_2 .

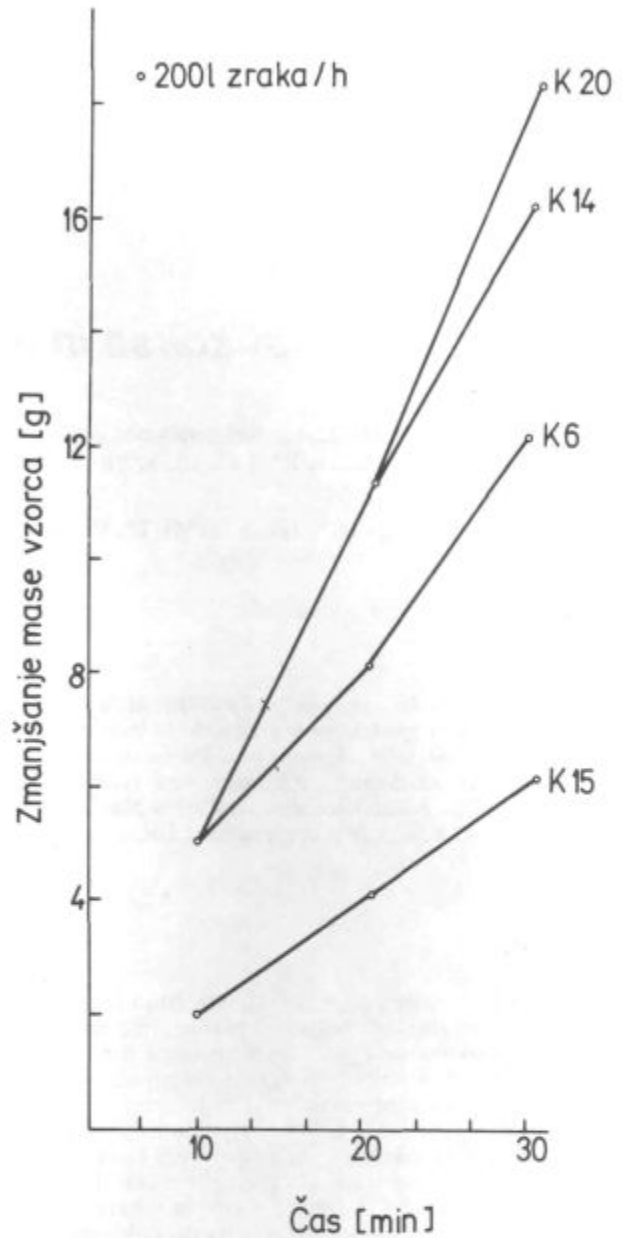
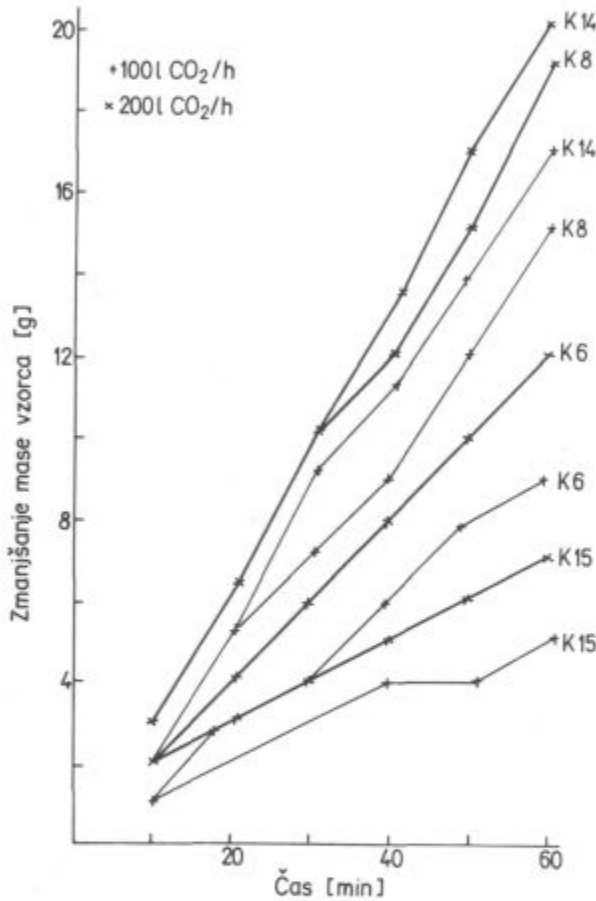
* FNT-VTOZD Montanistika

** Rudniki svinca in topilnica Mežica

Pretok CO₂ merimo z merilnikom pretoka. Pri meritvah smo uporabljali pretoka 100 in 200 l CO₂/h. Količina ogljika, ki reagira na časovno enoto, je po tej metodi merilo za reaktivnost. Če pa namesto CO₂ vodimo skozi plast zrak, je metoda primerna za ugotavljanje oksidativnosti ali zgorevanja koksa.

MERITVE

Plavž za svinec zaradi nizkega jaška in zato, ker za redukcijo svinčevih spojin ne potrebujemo velikih koncentracij CO, obratuje optimalno z malo reaktivnimi koks. Glede na spreminjajočo se in v glavnem nezado-



Slika 1
Zmanjšanje mase koksovih vzorcev pri (a) toku 100 in 200 l CO₂ ter (b) 200 l zraka na uro.
Fig. 1

Reduction of mass of coke samples in flow of 100 and 200 l CO₂ (a), and 200 l air per hour (b).

voljivo kakovost domačih koksov potekajo z rudnikom svinca Mežica že od leta 1978 intenzivne raziskave koksov. Do sredine leta 1984 je bilo preiskanih 30 različnih vzorcev. Meritve reaktivnosti teh vzorcev za pretoke 100 in 200 l CO₂/h ter 200 l zraka/h kaže razpredelnica 1, grafični prikaz za nekatere močno in slabše reaktivne kokske pa slika 1.

ANALIZA VPLIVA KAKOVOSTI KOKSA NA OBRATOVANJE PLAVŽA

Analiza se nanaša izključno na svinčev plavž, ugotovitve pa v principu lahko veljajo za vsako jaškovno peč.

Analiza obratovanja plavža v Žerjavu je pokazala, da obstaja odvisnost med proizvodnjo plavža in specifično porabo koksa, ki je obratno sorazmerna, kot kaže slika 2. Podatek je za obdobje 1978—1984, ko se kakovost praženca ni bistveno spreminjala in lahko sklepamo, da je nihanje proizvodnje svinca v plavžu predvsem posledica nihanj v kakovosti koksa. Nadalje kaže analiza odvisnosti med reaktivnostjo koksa, izražena v zmanjšanju mase pri ustreznem pretoku CO₂ oz. zraka, ter specifično porabo koksa v svinčevem plavžu na precejšnjo medsebojno odvisnost (slika 3). Na prvi pogled se zdi, da se konice in doline pri specifični porabi in reaktivnosti lepo ujemajo. Diagram na sliki 4, kjer je narisana odvisnost med specifično porabo koksa in reaktiv-

Razpredelnica 1: Meritve reaktivnosti koksov v g C pri pretokih 100 in 200 l CO₂ ter 200 l zraka na uro, pri različnih časih

Vzorec	Čas min.					
	10	20	30	40	50	60
Pretok 100 l CO₂/h						
K-1	3	4	5	7	9	11
K-2	3	3,5	5	5,5	6,5	6,5
K-3	2	5	5,5	7	8,5	10
K-4	2	4	4	5	6	6
K-6	1	3	4	6	8	9
K-7	3	5	6	7	9	9
K-8	2	4	7	10	12	15
K-9	1	2	4	5	6	7
K-10	1	2	4	6	7	9
K-11	2	4	6	8	10	12
K-12	2	5	8	11	14	16
K-14	2	5	9	11	14	17
K-15	1	2	3	4	4	5
K-16	1	2	3	4	4	5
K-17	2	4	5	7	7	8
K-18	2	2	3	3	4	6
K-19	1	2	3	5	6	9
K-20	1	3	5	7	8	10
K-21	1	2	4	6	7	9
K-22			3			6
K-23			4			9
K-24			5			9
K-26			6			11
K-27			4			8
K-28			5			12
K-29			6			15
K-30			6			13

Vzorec	Čas min.					
	10	20	30	40	50	60
Pretok 200 l CO₂/h						
K-1	1,5	3	6	8	10	13
K-2	0,5	2,5	4,5	6,5	8,5	12,5
K-3	3	5	7	9	12	14
K-4	1	2	3	4	5	7
K-6	2	4	6	8	10	12
K-7	2	4	6	8	10	11
K-8	3	6	10	12	15	19
K-9	2	4	6	8	10	12
K-10	3	5	8	11	14	17
K-11	3	6	9	12	16	19
K-12	3	6	9	12	15	18
K-14	3	6	10	13	17	20
K-15	2	3	4	5	6	7
K-16	1	2	3	5	6	6
K-17	2	5	8	10	12	15
K-18	2	4	6	8	10	12
K-19	2	5	7	9	12	14
K-20	2	4	6	8	10	13
K-21	2	4	7	9	11	13
K-22			6			12
K-23			7			13
K-24			7			13
K-26			7			14
K-27			5			10
K-28			8			18
K-29			9			21
K-30			10			22

Vzorec	Čas min.		
	10	20	30
Pretok 200 l zraka/h			
K-1	4	12	17
K-2	2,5	5,5	9
K-3	4	7	11

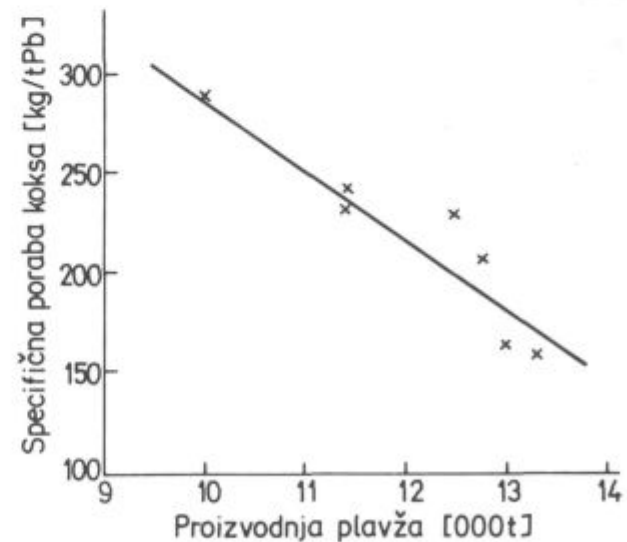
Vzorec	Čas min.					
	10	20	30	40	50	60
K-4	2	5	8			
K-6	5	8	12			
K-9	1	2	4			
K-10	2	4	6			
K-11	5	10	14			
K-12	5	9	16			
K-14	5	11	16			
K-15	2	4	6			
K-16	1	3	5			
K-17	2	4	7			
K-18	2	4	6			
K-19	4	8	12			
K-20	5	11	18			
K-21	6	11	17			
K-22	6	11	17			
K-23	5	8	12			
K-24	5	8	12			
K-26	4	7	12			
K-28	4	9	14			
K-29	5	8	13			
K-30	5	10	15			

nostjo koksa, pa kaže, da medsebojna odvisnost sicer obstaja vendar z ne zelo veliko stopnjo soodvisnosti. Kasnejše analize podatkov so pokazale, da nekateri kokсни vzorci močno odstopajo po obnašanju od večine oz. je tudi možno pri nekaterih soodvisnostih, da podatkov za specifično porabo koksov ne moremo v celoti med seboj primerjati, če je bila med posameznimi posiljkami koksa npr. prevelika razlika v zrnatosti. Zato smo kot prvo oceno potegnili grafično odvisnost, tako da upošteva najbolj zanesljive soodvisnosti. Narisani grafični odvisnosti za meritve reaktivnosti pri pretokih 100 in 200 l CO₂/h imata izhodišče v približno isti točki. Enačbi njunih premic pa sta:

$$y = 85 + 6,45 x \quad \text{pri } 100 \text{ l CO}_2/\text{h}$$

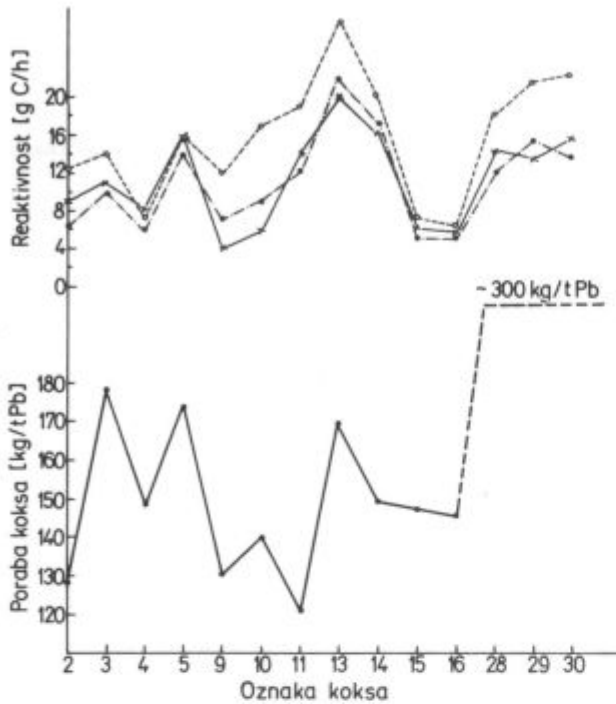
in

$$y = 88 + 3,70 x \quad \text{pri } 200 \text{ l CO}_2/\text{h,}$$



Slika 2
Odnosnost med specifično porabo koksa in proizvodnjo svinčevega plavža v Žerjavu za obdobje 1978—1984.

Fig. 2
Relationship between the specific consumption of coke and the output of lead blast furnaces in Žerjav for period 1978—1984.

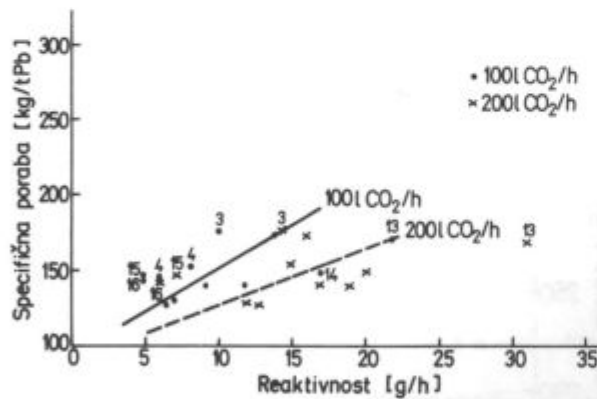


Slika 3

Odpisnost porabe koksa od njegove reaktivnosti. ● in ○ — karboksireaktivnosti v g C/h pri tokih 100 in 200 l CO₂/h, x — oksireaktivnost v g C/h pri toku 200 l zraka/h.

Fig. 3

Relationship between the coke consumption and its reactivity. ● and ○ — carboxyreactivities in g C/h in flows of 100 and 200 l CO₂/h, x — oxyreactivities in g C/h in flow of 200 l air/h.



Slika 4

Odpisnost med specifično porabo koksa in njegovo reaktivnostjo pri tokih 100 in 200 l CO₂/h.

Fig. 4

Relationship between the specific coke consumption and its reactivity for flows 100 and 200 l CO₂/h.

kjer y predstavlja specifično porabo in x reaktivnost koksa.

Analiza energijskega modela svinčevega plavža³ kaže, da na učinkovitost plavža najbolj vpliva sestava žrelnega plina, t. j. razmerje p_{CO_2}/p_{CO} , kar pa je tesno povezano z reaktivnostjo koksa.

Pri minimalni reaktivnosti koksa (le-ta se približuje vrednosti 0), ko se po reakciji $C + CO_2$ razvije le toliko

CO, kolikor ga je potrebno za redukcijo kovinskih oksidov in ga ni v prebitku v plavžnem plinu ($p_{CO_2}/p_{CO} \rightarrow \infty$), imamo minimalno specifično porabo koksa. Po termodinamičnem modelu plavža smo za teoretično porabo koksa z 80 % ogljika⁴ pri žrelni temperaturi plina 523 K in ne upoštevaje toplotnih izgub plavža ter v odvisnosti od sestave vsipa dobili 67 do 82 kg koksa/t Pb, kar kaže na zadovoljivo ujemanje z ugotovitvami po sliki 4.

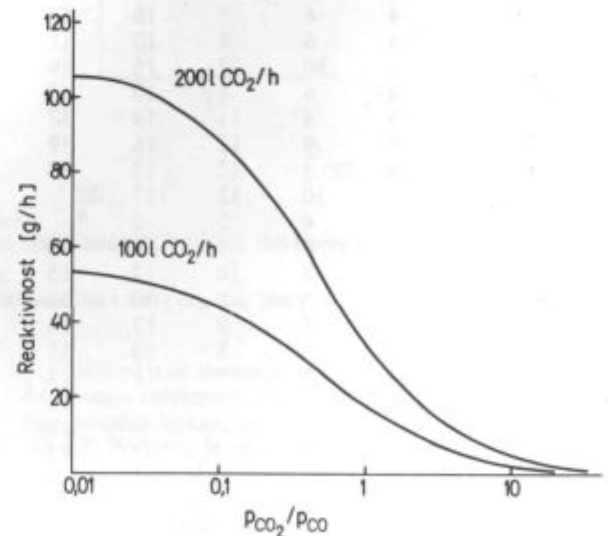
Na osnovi znanega toka CO₂ skozi vzorec koksa in zmanjševanja mase vzorca s časom lahko izračunamo povprečno sestavo izhajajočih plinov, t. j. tudi p_{CO_2}/p_{CO} , kar kaže slika 5. Sedaj pa lahko primerjamo standardno Koppersovo metodo z našo metodo, toda primerjava je lahko le groba, ker smo zanemarili vpliv zrnatosti vzorca na reaktivnost. Odvisnost med reaktivnostjo po Koppersu, r_k , in sestavo plinov, ki izhajajo iz merilne naprave, kaže slika 6. Če skušamo na osnovi p_{CO_2}/p_{CO} pri Koppersovi napravi s slike 5 odčitati ustrezne reaktivnosti po naši metodi, dobimo, da naj bi imeli livarski koks reaktivnosti 14 oz. 28 g C/h pri pretoku 100 oz. 200 l CO₂/h, metalurški koks 18 do 27 oz. 36 do 54 g C/h, najbolj reaktivna goriva pa nad 45 oz. 90 g C/h. Praktične izkušnje pa kažejo, da takšna primerjava daje pri naši metodi vsaj dvakrat prenizke vrednosti za reaktivnost. To pomeni, da pri naši metodi vzorec reagira vsaj dvakrat počasneje kot v Koppersovi napravi. Če privzamemo, da reakcijo $C + CO_2$ vodi kemična kinetika, je možna naslednja semikvantitativna razlaga:

hitrost kemične reakcije lahko zapišemo:

$$-dm_c/dt = k_r \cdot A \cdot \bar{p}_{CO_2}$$

kjer je m_c masa ogljika, ki reagira s CO₂, k_r reakcijska konstanta, A površina vzorca, kjer poteka reakcija, in \bar{p}_{CO_2} srednji parcialni tlak CO₂ med potekom reakcije.

Ocena površin Koppersovega in našega vzorca daje razmerje okoli 3:1. Ker Koppersov vzorec hitreje reagi-

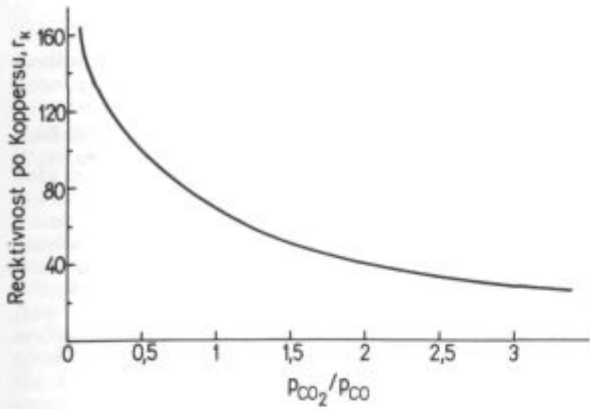


Slika 5

Teoretična odvisnost med reaktivnostjo koksa, v g C/h, in povprečno sestavo izhajajočih plinov za 100 in 200 l CO₂/h.

Fig. 5

Theoretical relationship between the coke reactivity in g C/h and the average composition of exit gases from the apparatus, for flows 100 and 200 l CO₂/h.

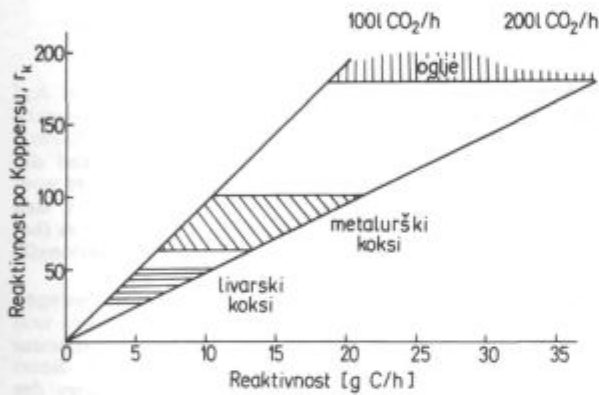


Slika 6

Odnosnost med reaktivnostjo po Koppersu, r_k , in povprečno sestavo izhajajočih plinov iz Koppersove naprave.

Fig. 6

Relationship between the Koppers-reactivity r_k and the average composition of exit gases from the Koppers apparatus.



Slika 7

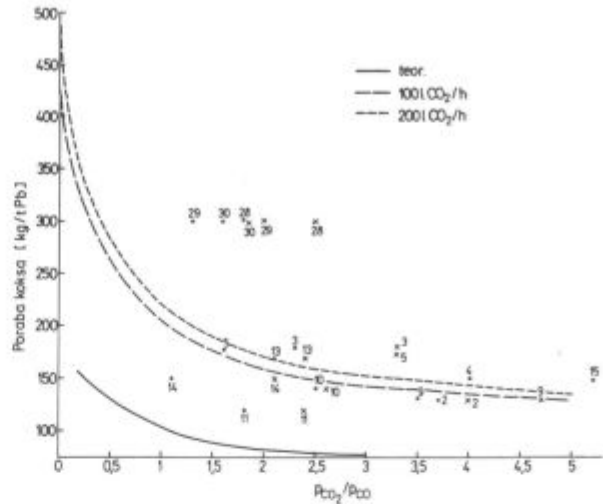
Primerjalni diagram za absolutne vrednosti reaktivnosti med Koppersovo in našo merilno metodo.

Fig. 7

Comparison plot for the absolute values of reactivities determined by the Koppers and by our method.

ra, se relativno hitreje porablja CO_2 , toda to ima precej manjši vpliv na hitrost reakcije. Ocenjujemo, da je razmerje \bar{p}_{CO_2} pri Koppersovi in pri naši metodi v povprečju 1:1,2. Iz te ocene sledi, da je hitrost reagiranja vzorca v Koppersovi napravi okoli 2,5-krat večja kot po naši metodi. To nadalje pomeni, da bi po naši metodi imeli livarski koks reaktivnosti pod 5,5 oz. 11 g C/h pri pretoku 100 oz. 200 l CO_2 /h, metalurški koks 7 do 11 oz. 14,5 do 21,5 g C/h, najbolj reaktivna goriva pa nad 18 oz. 36 g C/h. Približno odvisnost med reaktivnostjo po Koppersu in reaktivnostjo po naši metodi kaže slika 7.

Ker obstaja ugotovljena odvisnost med specifično porabo koksa in njegovo reaktivnostjo ter odvisnost med reaktivnostjo koksa in povprečno sestavo plinov, nastalih z reakcijo med CO_2 in C, obstaja tudi odvisnost med specifično porabo koksa in sestavo »plavžnega plina«, vendar brez upoštevanja vpliva reakcij redukcije ($MeO + C$ oz. CO). To odvisnost kaže slika 8, kjer smo narisali tudi krivuljo, ki prikazuje teoretično porabo koksa po termodinamičnem modelu plavža³, ne upoštevajoč pa toplotnih izgub plavža. Razen pri koksih K-11



Slika 8

Odnosnost med specifično porabo koksa ter sestavo plavžnega plina svinčevega plavža, ne upoštevajoč reduksijskih reakcij. Iz meritev reaktivnosti pri 100 l CO_2 /h (●) oz. 200 l CO_2 /h (×), v primerjavi s teoretično porabo po energijskem modelu (temperatura žrelnih plinov 523 K, brez upoštevanja toplotnih izgub plavža). Številke se nanašajo na vzorce.

Fig. 8

Relationship between the specific coke consumption and the composition of blast-furnace top gas, not taking into account the reduction reactions. From reactivity measurements at 100 l CO_2 /h (●) and 200 l CO_2 /h (×), compared with the theoretical consumption according to the energy model (top-gas temperature 523 K, neglecting thermal losses of the furnace). Numbers refer to the samples.

in K-28 do 30 obstaja zadovoljiva korelacija med porabo koksa in sestavo žrelnih plinov.

ZAKLJUČKI

Ena najbolj bistvenih značilnosti koksov, ki vpliva na dogajanja v plavžu, je njegova reaktivnost. Poleg najbolj znane t. i. Koppersove metode za merjenje reaktivnosti smo že pred tem razvili na VTOZD Montanistika spremenjeno metodo, kjer uporabljamo zrnatosti, ki se bolj približujejo dejanskim pogojem v praksi, merilo reaktivnosti pa je količina zgorelega ogljika na enoto časa, kar zasledujemo s termotehtnico. Primerjalna ocena obeh metod je pokazala, da je možno absolutne vrednosti za reaktivnosti po obeh metodah med seboj primerjati in izdelali smo primerjalni diagram.

Vpliv kakovosti koksa na obratovanje plavža smo analizirali na primeru svinčevega plavža. Preučili smo odvisnosti med proizvodnjo plavža, specifično porabo koksa in njegovo reaktivnostjo. Odvisnost med proizvodnjo plavža in specifično porabo koksa je dala obratovna analiza za obratovanje plavža v Mežici (Žerjavu). Ugotovljena je bila odvisnost med specifično porabo koksa in njegovo reaktivnostjo, vendar z ne zelo veliko stopnjo soodvisnosti. Toda na osnovi te odvisnosti izračunana specifična poraba malo reaktivnih koksov se zadovoljivo ujema s teoretično izračunano porabo koksa po energijskem modelu svinčevega plavža. Obstaja tudi odvisnost med specifično porabo koksa in sestavo zgorjenih plinov (p_{CO_2}/p_{CO}). Ta zadnja odvisnost lahko predstavlja tudi enega izmed parametrov za računalniško vodenje plavža.

Literatura

1. A. Paulin, D. Dretnik, J. Lamut, A. Šegel, S. Štern: Procesi v plavžu za svinec, Poročilo katedre za ekstraktivno metalurgijo, VTOZD Montanistika, Ljubljana 1982.
2. Metalurški priročnik, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana 1972, str. 505.
3. A. Paulin, J. Lamut, D. Dretnik, M. Jug: Vodenje procesa v plavžu — I. del, Zbornik XXXV. jesenskega posveta o metalurgiji in kovinskih gradivih v Sloveniji, Ljubljana 1985, str. 55; A. Paulin: Energijski model plavža, RMZ, 33, 3/1986, 177—83.
4. A. Paulin, J. Lamut, D. Dretnik, M. Jug: Vodenje procesa v plavžu — I. del, Poročilo katedre za ekstraktivno metalurgijo, VTOZD Montanistika, Ljubljana 1984.
5. B. Dobovišek: Vpliv temperature karbonizacije na oksireaktivnost trdnih goriv, izdelanih iz kosovskega lignita. Aplikacije DTA, Železarski zbornik, 1976, št. 1, 7—11.
6. J. Lamut: Neobjavljeno poročilo.
7. J. Lamut: Fizikalno-kemične lastnosti livarskih koksov, Poročilo VTOZD Montanistika, Ljubljana 1986.

ZUSAMMENFASSUNG

Auf den Gang des Hochofens hat einen entscheidenden Einfluss die Ausbildung des Verbrennungsraumes vor den Blasformen. Die Form dieses Raumes wird in grossem Ausmass von der Brennbarkeit von Koks bestimmt. Das Betragen von Koks ist es möglich bis zu einem bestimmten Ausmass durch die Bestimmung der Reaktionsfähigkeit zu verfolgen. Die Reaktionsfähigkeit ist aber eng mit dem Koksverbrauch verbunden. Im Hochofen für die Gewinnung von Blei, wo schon kleine CO Gehalte im Gas genügen bei entsprechenden Temperaturen die Reduktion von Bleiverbindungen zu erzeugen, bedeutet eine übermässige CO Bildung einen unnötigen Koksverbrauch. Zur Bestimmung der Reaktionsfähigkeit von Koks ist die Methode nach Koppers am besten bekannt. Mit dem Ziel den tatsächlichen Bedingungen im Hochofen näher zu kommen hat man an der VTOZD Montanistik (Montanistische Fakultät) schon vor einiger Zeit eine abgeänderte Methode für die Bestimmung der Reaktionsfähigkeit entwickelt, wo in einer Retorte aus Stahl auf der Termowage die Verringerung der Koksmaße bei der Reaktion mit CO₂ oder Luft gemessen wird. Im Zeitabschnitt 1978—1984 hat man 30 Proben von Koks, das in der Bleihütte Mežica angewendet wird untersucht. Eine Abhängigkeit zwischen der Reaktionsfähigkeit und

dem Koksverbrauch im Hochofen ist festgestellt worden. Auf Grund des Energiemodelles des Hochofens ist ein theoretischer Koksverbrauch in Abhängigkeit von der Möllerszusammensetzung bei einer Abgastemperatur von 523 K und der Nichtberücksichtigung der Wärmeverluste ausgerechnet worden. Der erhaltene Wert stimmt zufriedenstellend mit den praktischen Ergebnissen des minimalen Koksverbrauches (bei der Anwendung von Koksen sehr geringhaltiger Reaktionsfähigkeit) überein.

Aus den Ergebnissen der Reaktionsfähigkeitsmessungen kann die Abhängigkeit zwischen der Reaktionsfähigkeit und der durchschnittlichen Zusammensetzung aus der Messapparatur herauskommender Gase ausgerechnet werden. Auf dieser Grundlage und bei der Wertbestimmung des Einflusses der Probenreaktionsflächen bei der Methode nach Koppers und unserer Methode ist ein Vergleichsdiagramm zwischen den Absolutwerten, erhalten nach beiden Methoden, ausgearbeitet worden. Aus diesen Feststellungen ist weiters noch die Abhängigkeit zwischen dem spezifischen Koksverbrauch und der Zusammensetzung der beim Verbrennungsprozess entstehenden Gase festgestellt worden. Diese Abhängigkeit stellt einen der Parameter für die rechnerische Führung des Hochofens dar.

SUMMARY

The blast-furnace running is to a great extent influenced by the formation of the combustion zones in front of tuyeres. Their shape depend essentially on the coke combustibility. And the coke behaviour can be to a certain degree defined by its reactivity. The reactivity is closely related to the coke consumption. In the lead blast furnace where already low CO concentrations in the gas are sufficient that reduction reactions of lead compounds commence at suitable temperatures, the excess formation of CO means unnecessary consumption of coke. The most common method for determining the coke reactivity is the Koppers method. In order to approach closer to real conditions in the blast furnace, a modified method was developed some time ago at the School of Mines in Ljubljana. Reduction of coke mass during the reaction with CO₂ in a steel retort is measured by thermobalance. In the period 1978—1984 thirty coke samples were investigated, being used in the Mežica Lead Smelter. Relationship between the coke

reactivity and its specific consumption in the blast furnace was determined. Based on the blast-furnace energy model the coke consumption was calculated as a function of burden composition at the top-gas temperature of 523 K and neglecting the thermal losses of the furnace. The obtained value is in fair agreement with the practical findings of the minimal coke consumption (using very low-reactivity cokes).

From the results of the reactivity measurements the relationship between the reactivity and the average exhaust gases from the measuring apparatus can be calculated. Thus, and by estimating the influence of the reaction surfaces of samples used in Koppers of in our method respectively a comparison plot between the absolute reactivity values obtained by the both methods was constructed. Further, still the relationship between the specific coke consumption and the composition of the combustion gases was determined. And this can be applied in a computer control of the blast furnace operation.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На ход шахтной печи имеет существенное влияние формирование топочного пространства перед раздувными трубами. На его форму в большой мере влияет сгорание кокса. Поведение кокса возможно до определённой меры проследить с определением его реактивности. Реактивность же в тесной связи с расходом кокса. В доменной печи для плавления свинца, где уже небольшая концентрация СО в газе достаточна, чтобы при соответственных температур протекала реакция восстановления соединений свинца. Это указывает также, что чрезмерное образование СО газа вызывает ненужный расход кокса. Для определения реактивности кокса более всего известный метод по Копперс-у. С целью, чтобы чем больше приблизиться к фактическим условиям в доменной печи, мы в нашем цехе Монтанистика уже несколько времени тому назад развили измененный метод для определения реактивности, при чём в стальной реторте на термических весах измеряется уменьшение массы кокса при реакции с воздухом или с СО₂ газом. В течении 1978—1984 г. мы исследовали 30 образцов кокса, которого мы употребляли в плавильном заводе Межица (Н. Р. Словения).

Определили связь между реактивностью и удельным расходом кокса в доменной печи. На основании энергетической модели объёма доменной печи в м³ мы высчитали теоретический расход кокса в зависимости от состава шихты при температуре газа 523 градусов в колошнике без взятия во внимание потери теплоты в доменной печи. Полученное значение положительно согласуется с практическими определениями минимального расхода кокса (при употреблении сортов кокса плохой реактивности).

Из результатов измерения реактивности можно без затруднения высчитать зависимость между реактивностью и среднего состава газов, которые выходят из измерительного прибора. На этом основании, а также на основании оценки влияния реактивных поверхностей образца при методу по Копперс-у и при методу авторов этой работы изготовлена диаграмма сравнения между абсолютными значениями, которые дают оба метода. В продолжении мы из этих определений определили зависимость между удельным расходом кокса и составом полученного при сгорании газа, что представляет собой один из параметров для расчётного управления доменной печи.