

# LABORATORNÍ STUDIE VLIVU NÍZKOTEPLTNÍ OXIDACE UHLÍ NA JEHO KOKSOVACÍ VLASTNOSTI

Marek Zamazal

ArcelorMittal Ostrava, L – Hutní a chemické laboratoře, Vratimovská 689, 707 02 Ostrava – Kunčice,  
e-mail: [marek.zamazal@arcelormittal.com](mailto:marek.zamazal@arcelormittal.com)

*Nízkoteplotní oxidace jako složitý přírodní fenomén způsobuje znehodnocení klíčových vlastností černého uhlí pro jeho vysokoteplotní karbonizaci. Práce se věnuje sledování vlivu nízkoteplotní oxidace na tři vybrané ukazatele koksovacích vlastností za definovaných laboratorních podmínek. Byl prokázán výrazný pokles dilatace a maximální plasticity po dobu sledování v teplotním rozsahu 25 až 100 °C. Z práce dále vyplývá, jak jsou jednotlivé ukazatele citlivé vůči působení nízkoteplotní oxidace.*

Došlo 20. 5. 10, přijato 16. 7. 2010

## 1. Úvod

### 1.1. Nízkoteplotní oxidace

Existence nízkoteplotní oxidace uhlí, též často označovaná jako zvětrávání, přináší určitá technická, bezpečnostní a ekonomická úskalí při dobývání uhlí, úpravnictví, skladování, dopravě a při následném technologickém využití. Nízkoteplotní oxidací se rozumí reakce kyslíku s uhelnou hmotou při běžných teplotních úrovních; někdy je takováto oxidace označována termínem přirozená [1]. Teplotní úroveň nízkoteplotní oxidace se pohybuje od běžných atmosférických teplot až po cca 100 °C [2]. Někteří autoři uvažují i vyšší teploty, například 120 °C [3] nebo dokonce až 200 °C [4, 5, 6].

Podmínky ovlivňující průběh tohoto složitého procesu jsou zejména: kvalita atmosféry, teplota oxidace, doba oxidace, tlak atmosféry (parciální tlak kyslíku), vliv UV záření, vlhkost uhlí, stupeň prouhelnění, petrografické složení, tloušťka vrstvy materiálu a způsob uložení, velikost zrna materiálu.

### 1.2. Vliv na koksovací vlastnosti

Chemické změny v organické hmotě koksovatelného uhlí při delším skladování v kyslíkaté atmosféře ovlivňují jeho termoplastické vlastnosti (plasticitu, dilataci, index puchnutí) a následně jeho chování v průběhu karbonizace. S rostoucí dobou, po kterou probíhá nízkoteplotní oxidace, se snižují hodnoty těchto základních ukazatelů. Ve skutečnosti se jedná o znehodnocení uhlí pro účely jeho koksování. Tím, že se sníží plasticita, dilatace a schopnost zvětšovat svůj objem při ohřevu v inertním prostředí (vyjádřená jako index puchnutí), nedojde k řádnému spečení uhlí. Vzniklá koksová hmota pak nevykazuje patřičné kvalitatívni vlastnosti, jako je pevnost a reaktivita.

Příkladem zajímavé studie sledující znehodnocování koksovatelného uhlí za laboratorních podmínek je práce H. Machnikowské [7]. Tato popisuje dramatickou změnu koksovacích vlastností černého uhlí, sušeného při 160 °C, již po několika hodinách. Dilatace z původní hodnoty 142 % zcela vymizela po 2 hodinách v sušárně. Rogův index po 2 hodinách klesnul z původních 76 na 28 a index puchnutí z původních 8 na 4. Autoři konsta-

tují zánik koksovacích vlastností zkoušeného uhlí za daných podmínek již po 5 hodinách.

Na rozdíl od práce [7] ve studii, kterou přináší tento článek, nebyla vyšší teplota než 100 °C záměrně zkoušena z důvodu málo pravděpodobných podmínek v praxi. Navíc výzkum při teplotách vyšších než 100 °C byl poměrně často prováděn a zmiňován v odborné literatuře [3, 4, 5, 6, 7]. Na druhé straně teplota 50 °C není v praxi nereálná, avšak experimenty při 50 °C nepřináší tak zajímavé výsledky jako při teplotách vyšších. Doba, za niž lze vypočítovat výraznější změny vlastností je u 50 °C samozřejmě delší než u vyšších teplot.

### 1.3. Vliv na kvalitu koksu

Kvalitou koksu se rozumí soubor jeho užitečných vlastností s ohledem na jeho použití. Například ve vysokopecním provozu, kde koks vystupuje jako tepelnosné medium, redukovadlo a kostra k zajištění proudění plynu ve vysoké peci, se vyžaduje dodržení únosného obsahu balastních látek, určité chemické složení, reaktivita, mechanická pevnost, odolnost proti otěru, zrnitost a rovnoměrnost jednotlivých zrn [8]. Zjednodušeně řečeno nízkoteplotní oxidace uhlí tím, že zhorší jeho termoplastické vlastnosti, ve svém důsledku vede ke zhoršení kvality koksu. Zejména u vysokopecního koksu se pak projeví jeho snížená pevnost, zvýšený podíl prachových podílů při mechanickém namáhání a zvýšená reaktivita vůči CO<sub>2</sub> v prostoru vysoké pece.

## 2. Experimentální část

Koksovatelné uhlí (D a PO) bylo podrobena laboratorní oxidaci za přesně definovaných podmínek. Laboratorní simulace nízkoteplotní oxidace byla prováděna v laboratorní sušárně s cirkulací vzduchu při nastavené teplotě (50 °C a 100 °C) po zvolený časový úsek, případně v atmosféře laboratoře při teplotě 25 °C a vzdušné vlhkosti. Při těchto experimentech bylo použito dvou druhů uhlí, které bylo vždy pomleto na definovanou velikost zrna. V průběhu každého z experimentů byly pravidelně odebrány vzorky (interval zpravidla co 24 hodin) a následně provedeny příslušné analýzy. Při sledování dopadu nízkoteplotní oxidace byl vzat do

úvahy vliv teploty, zrnitosti zkoušeného materiálu a jeho stupeň prouhelnění.

Důvodem pro volbu uhlí D byla vysoká četnost jeho míchání do vsázky pro výrobu vysokopecního koksu. Přibližný podíl tohoto druhu ve vsázce v roce 2009 byl cca 40 % hm. Jednalo se tedy o nosnou složku uhelné vsázky, jejíž vlastnosti do značné míry ovlivní výsledné vlastnosti připravené vsázky. Základní charakteristika tohoto vzorku je uvedena v tabulce č. 1.

**Tabulka 1:** Základní charakteristika vzorku uhlí D

| Analýza  | Ukazatel          | Hodnota | Jednotka |
|--|-------------------|---------|----------|
| základní rozbor                                      | A <sup>d</sup>    | 5,04    | (% hm.)  |
|  | V <sup>d</sup>    | 24,97   | (% hm.)  |
| elementární analýza                                  | C <sup>d</sup>    | 87,99   | (% hm.)  |
|  | H <sup>d</sup>    | 4,87    | (% hm.)  |
|  | N <sup>d</sup>    | 1,27    | (% hm.)  |
|  | S <sup>d</sup>    | 0,48    | (% hm.)  |
|  | O <sup>d</sup>    | 0,46    | (% hm.)  |
| dilatometrická zkouška                               | a                 | 26      | (%)      |
|  | b                 | 71      | (%)      |
|  | t <sub>1</sub>    | 400     | (°C)     |
|  | t <sub>2</sub>    | 438     | (°C)     |
|  | t <sub>3</sub>    | 477     | (°C)     |
| index puchnutí                                       | SI                | 6,5     | -        |
| plastivita podle Gieselera                           | F <sub>max.</sub> | 1064    | (ddpm)   |
|  | t <sub>s</sub>    | 423     | (°C)     |
|  | t <sub>f</sub>    | 463     | (°C)     |
|  | t <sub>r</sub>    | 493     | (°C)     |
| typová analýza a střední náhodná odraznost vitrinitu | V8                | 1       | (%)      |
|  | V9                | 10      | (%)      |
|  | V10               | 24      | (%)      |
|  | V11               | 49      | (%)      |
|  | V12               | 12      | (%)      |
|  | V13               | 2       | (%)      |
|  | V14               | 1       | (%)      |
|  | V15               | 0       | (%)      |
| V16  | 1                 | (%)     |          |
|  | R <sub>o</sub>    | 1,087   | (%)      |
| macerálová analýza                                   | Vitrinit          | 46,0    | (% obj.) |
|  | Liptinit          | 6,4     | (% obj.) |
|  | Pseudovitrinit    | 2,4     | (% obj.) |
|  | Semifuzinit       | 36,4    | (% obj.) |
|  | Ost. inertinit    | 8,8     | (% obj.) |

Uhlí PO bylo zvoleno pro jeho zjevnou odlišnost v termoplastických vlastnostech (vysoká maximální plastivita a dilatace). Základní charakteristika tohoto vzorku je uvedena v tabulce č. 2.

Analýzy jednotlivých vzorků v různých časech oxidace byly prováděny v rozsahu:

- dilatometrická zkouška (a, b, t<sub>1</sub>, t<sub>2</sub>, t<sub>3</sub>) [13, 14], kde a - kontrakce (% délkové změny), b - dilatace (%

délkové změny), t<sub>1</sub> - teplota počátku plastického stavu (měknutí) (°C), t<sub>2</sub> - teplota maximální kontrakce (°C), t<sub>3</sub> - teplota maximální dilatace (°C),

- index puchnutí (SI) [15], bezrozměrná hodnota,
- plastivita podle Gieselera (F<sub>max.</sub>, t<sub>s</sub>, t<sub>f</sub>, t<sub>r</sub>) [16], kde F<sub>max.</sub> - maximální plastivita (ddpm - počet dílků kruhové stupnice, které urazí míchadlo plastometru za jednu minutu), t<sub>s</sub> - teplota měknutí (počátku plastického stavu) (°C), t<sub>f</sub> - teplota maxima plastivity (°C), t<sub>r</sub> - teplota tuhnutí (konce plastického stavu) (°C).

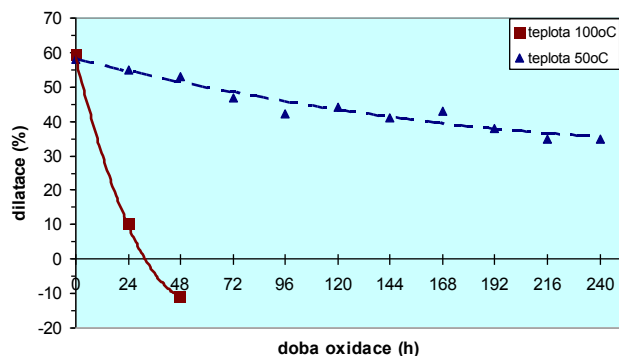
**Tabulka 2:** Základní charakteristika vzorku uhlí PO

| Analýza  | Ukazatel          | Hodnota | Jednotka |
|--|-------------------|---------|----------|
| základní rozbor                                      | A <sup>d</sup>    | 6,82    | (% hm.)  |
|  | V <sup>d</sup>    | 28,66   | (% hm.)  |
| elementární analýza                                  | C <sup>d</sup>    | 83,83   | (% hm.)  |
|  | H <sup>d</sup>    | 5,07    | (% hm.)  |
|  | N <sup>d</sup>    | 1,12    | (% hm.)  |
|  | S <sup>d</sup>    | 0,93    | (% hm.)  |
|  | O <sup>d</sup>    | 2,23    | (% hm.)  |
| dilatometrická zkouška                               | a                 | 21      | (%)      |
|  | b                 | 181     | (%)      |
|  | t <sub>1</sub>    | 382     | (°C)     |
|  | t <sub>2</sub>    | 421     | (°C)     |
|  | t <sub>3</sub>    | 479     | (°C)     |
| index puchnutí                                       | SI                | 8,5     | -        |
| plastivita podle Gieselera                           | F <sub>max.</sub> | 4808    | (ddpm)   |
|  | t <sub>s</sub>    | 405     | (°C)     |
|  | t <sub>f</sub>    | 448     | (°C)     |
|  | t <sub>r</sub>    | 486     | (°C)     |
| typová analýza a střední náhodná odraznost vitrinitu | V8                | 3       | (%)      |
|  | V9                | 32      | (%)      |
|  | V10               | 55      | (%)      |
|  | V11               | 8       | (%)      |
|  | V12               | -       | (%)      |
|  | V13               | -       | (%)      |
|  | V14               | -       | (%)      |
|  | V15               | -       | (%)      |
| V16  | -                 | (%)     |          |
|  | R <sub>o</sub>    | 1,057   | (%)      |
| macerálová analýza                                   | Vitrinit          | 72      | (% obj.) |
|  | Liptinit          | 8,3     | (% obj.) |
|  | Pseudovitrinit    | 0,5     | (% obj.) |
|  | Semifuzinit       | 16,2    | (% obj.) |
|  | Ost. inertinit    | 3       | (% obj.) |

## Výsledky a diskuse

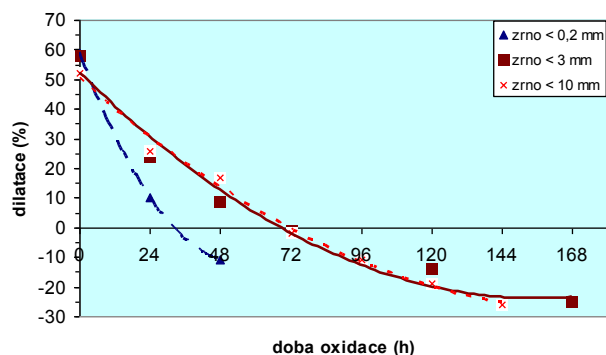
### 2.1. Změny dilatace

Při experimentech byl zjištěn výrazný vliv teploty na rychlost snížení dilatace, kdy s rostoucí teplotou se pokles dilatace urychluje. Příkladem je pokles dilatace analytického vzorku uhlí D při 50 °C a 100 °C (obr. 1).



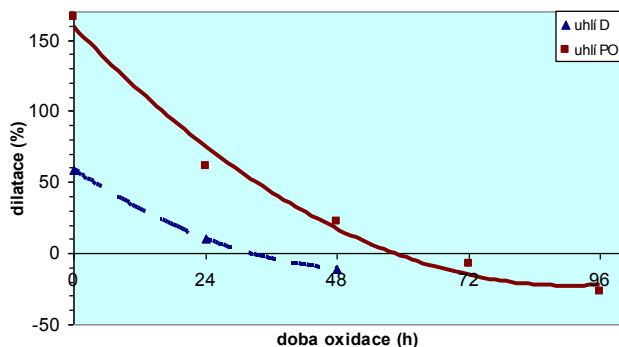
Obr. 1: Změny dilatace uhlí D o zrnitosti pod 0,2 mm při 50 °C a 100 °C.

Mezi zrnitostmi < 10 mm a < 3 mm u téhož uhlí nebyl nalezen zásadní rozdíl v míře poklesu dilatace. U zrnitosti < 0,2 mm téhož uhlí se již projevuje zvýšená náchylnost ke znehodnocení. Ukázkou je pak obr. 2, kde jsou vyneseny průběhy změn dilatace uhlí D v různých zrnitostních frakcích při teplotě 100 °C.



Obr. 2: Změny dilatace uhlí D při 100 °C.

Bylo zjištěno, že uhlí méně prouhelněné, s výrazně vyšší výchozí hodnotou dilatace, se znehodnocuje znaitelně rychleji než uhlí s vyšším stupněm prouhelnění, které je méně plastické. Nebyl však prokázán vliv podmínek oxidace, tj. doby oxidace, teploty a zrnitosti uhlí, na velikost plastického pásma ( $t_3 - t_1$ ) odečtenou při stanovení dilatace. Vzájemné porovnání průběhu úbytku dilatace u obou zkoušených druhů ve formě analytických vzorků uvádí obr. 3.



Obr. 3: Změny dilatace uhlí D a PO o zrnitosti pod 0,2 mm při 100 °C.

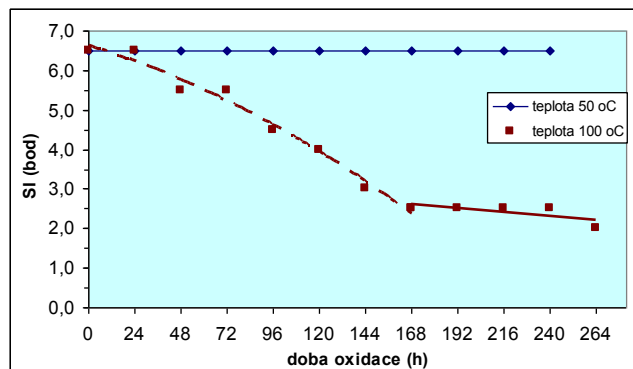
Při delším sledování (62 dní) bylo zjištěno, že i uhlí s větším zrnem (< 10 mm) při relativně nízké teplotě (25 °C) uložené v atmosféře laboratoře výrazně snižuje schopnost dilatovat.

Dilatace je velice citlivým indikátorem ztráty koksovacích vlastností při uvedených laboratorních podmínkách, což potvrzuje závěry práce [7]. Při všech experimentech byla změna dilatace sledována jako výrazná.

Podrobné kvantitativní vyhodnocení změn hodnot dilatace je uvedeno v tabulce 3. Jako **mez** zde slouží hodnota meze opakovatelnosti stanovení dilatace [13, 14] pro danou výchozí hodnotu  $b_1$ . Pokud se alespoň jedna z hodnot  $b_{prům.}$  nebo  $b_2$  dostane pod úroveň hodnoty  $b_1 - mez$ , je změna dilatace v průběhu daného experimentu považována za výraznou. V opačném případě by byla pokládána za nevýraznou. Ve sloupci „poznámka“ je tato skutečnost uvedena.

## 2.2. Změny indexu puchnutí

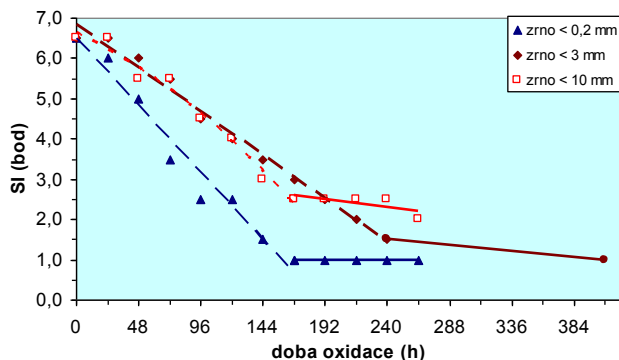
Při experimentech byl zjištěn výrazný vliv teploty na míru snížení hodnot indexu puchnutí. Oxidace uhlí při teplotě 50 °C po dobu 240 hodin nezpůsobila změnu hodnoty SI. Oxidace téhož uhlí při teplotě 100 °C způsobila zásadní snížení hodnoty SI u všech zkoušených zrnitostních tříd, tj. < 0,2 mm, < 3 mm a < 10 mm. Vliv teploty je patrný z obr. 4.



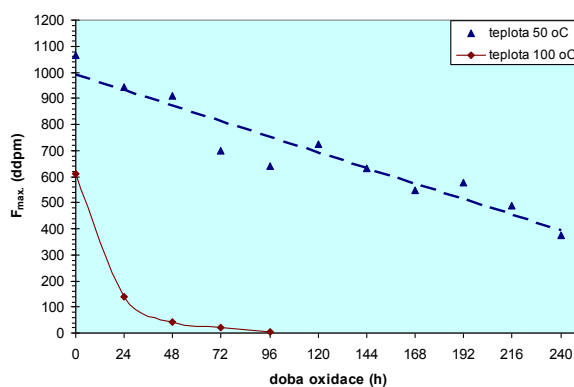
Obr. 4: Změny SI uhlí D o zrnitosti < 10 mm při 50 °C a 100 °C.

Vliv velikosti zrna lze vidět na obr. 5. Mezi zrnitostmi < 10 mm a < 3 mm u téhož uhlí nebyl nalezen zásadní rozdíl v míře snižování SI v průběhu času. U zrnitosti < 0,2 mm téhož uhlí je pokles SI o něco prudší než u obou hrubších frakcí. Rychlost poklesu SI u dvou různých druhů uhlí je srovnatelná (obr. 6).

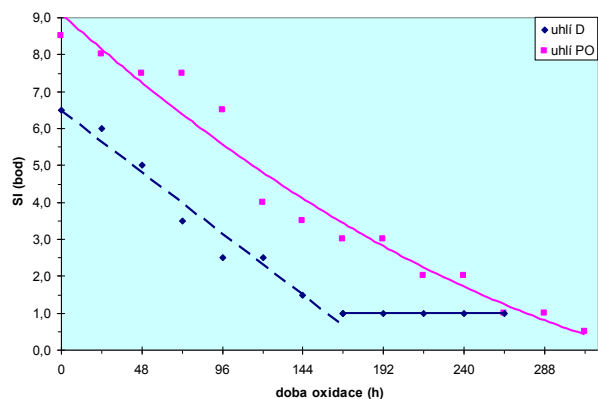
Index puchnutí je za zvýšené teploty (100 °C) překvapivě citlivý indikátor ztráty koksovacích vlastností. Tento fakt je ve shodě s prací [7], která ovšem zkoušela vliv teploty 160 °C. Naopak výsledky získané při 50 °C naznačují, že skladování uhlí při běžných atmosférických teplotách zřejmě nezpůsobí zásadní změny tohoto parametru. Uvedený závěr potvrdila práce [9], kdy se u uhlí na venkovní skládce po dobu 3 měsíců hodnota SI nemění, a to bez ohledu na stupeň prouhelnění.



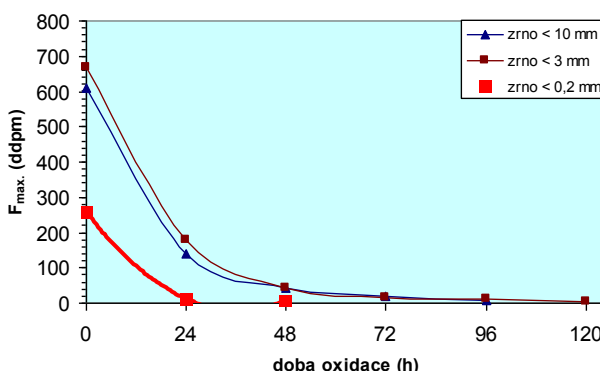
Obr. 5: Změny indexu puchnutí (SI) uhlí D při 100 °C.



Obr. 7: Změny maximální plasticity uhlí D (zrnitost < 10 mm), 50 °C a 100 °C.



Obr. 6: Změny SI uhlí D a PO o zrnitosti < 0,2 mm při 100 °C.



Obr. 8: Změny maximální plasticity uhlí D při 100 °C.

Podrobné kvantitativní vyhodnocení změn hodnot indexu puchnutí je uvedeno v tabulce 4. Jako **mez** zde slouží hodnota meze reprodukovatelnosti stanovení indexu puchnutí [15]. Pokud se alespoň jedna z hodnot  $SI_{prům.}$  nebo  $SI_2$  dostane pod úroveň hodnoty  $SI_1$  – **mez**, je změna indexu puchnutí v průběhu daného experimentu považována za výraznou. V opačném případě je pokládána za nevýraznou. Ve sloupci „poznámka“ je tato skutečnost uvedena.

### 2.3. Změny plasticity

Při experimentech byl zjištěn výrazný vliv teploty na rychlost snížení plasticity, vyjádřené jako  $F_{max}$  (obr. 7).

Vliv zrnitosti je patrný z obr. 8. Mezi zrnitostí < 10 mm a < 3 mm u téhož uhlí nebyl nalezen zásadní rozdíl v míře snížení plasticity. U nejjemnější třídy téhož uhlí (zrna < 0,2 mm) je ztráta plasticity poměrně rychlejší než u obou hrubších frakcí při stejné teplotě.

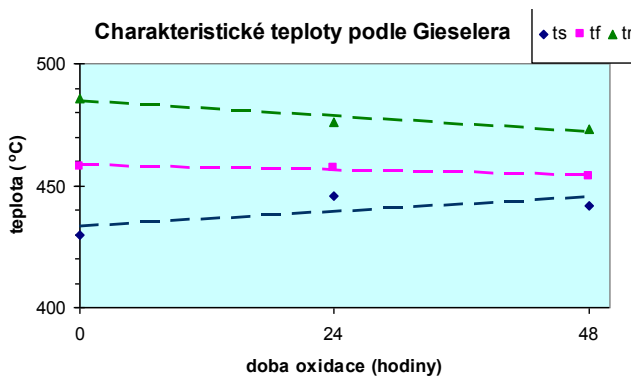
Snížení výchozích hodnot plasticity daných frakcí téhož uhlí na obrázcích 7 a 8 bylo způsobeno delším časovým odstupem experimentů, kdy byly dané vzorky zkoušeny o přibližně 2 měsíce později než odpovídající vzorky s vyšší počáteční hodnotou plasticity.

K výrazné ztrátě plasticity uhlí dochází již při velmi mírných podmínkách, tj. při teplotě cca 25 °C, při relativní vlhkosti cca 60 % (při uložení v místnosti laboratoře).

Časové rozmezí, v němž se snížení plasticity za těchto podmínek projeví, se ovšem pohybuje řádově v desítkách dní.

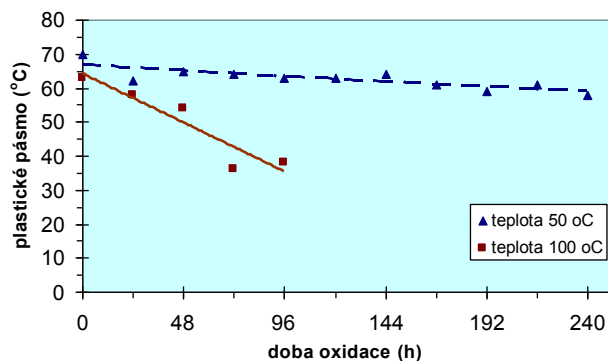
Za podmínek prováděných experimentů se plasticita skutečně osvědčila jako nejcitlivější ukazatel ztráty koksovacích vlastností uhlí. Uvedený závěr je ve shodě s pracemi [9, 10, 11, 12].

Dále bylo, narozdíl od dilatační zkoušky, potvrzeno postupné zužování plastického pásma uhlí, tj. rozdílu  $t_r - t_s$ , s rostoucí dobou oxidace (viz obr.9).



Obr. 9: Změny  $t_s$ ,  $t_f$  a  $t_r$  při stanovení plasticity podle Gieselera v závislosti na době oxidace uhlí D o zrnitosti < 0,2 mm při teplotě 100 °C.

Rychlost zmenšení plastického pásma roste s teplotou oxidace a se snižující se zrnitostí uhlí. Tento výsledek se shoduje například se závěry práce [11]. Vliv teploty na zúžení plastického pásma je uveden na obr. 10. Podrobné kvantitativní vyhodnocení změn hodnot maximální plasticity je uvedeno v tabulce 5. Jako **mez** zde slouží hodnota meze opakovatelnosti stanovení plasticity [16] pro danou výchozí hodnotu  $F_{max1}$ , která činí 10 % z této hodnoty. Pokud se alespoň jedna z hodnot  $F_{max,prům.}$  nebo  $F_{max2}$  dostane pod úroveň hodnoty  $F_{max1}$  - **mez**, je změna maximální plasticity v průběhu daného experimentu považována za výraznou. V opačném případě by byla pokládána za nevýraznou. Ve sloupci „poznámka“ je tato skutečnost uvedena.



Obr. 10: Změny šířky plastického pásma uhlí D o zrnitosti 10 mm v závislosti na době oxidace pro dvě různé teploty.

Tabulka 3: Souhrnná tabulka vyhodnocení změn dilatace uhlí D a PO.

| teplota a druh uhlí | délka oxidace (hodiny) | zrnitost (mm) | výchozí $b_1$ | Stanovené hodnoty b (%) |                      |               | rozdíl $b_1 - b_2$ | poznámka |
|---------------------|------------------------|---------------|---------------|-------------------------|----------------------|---------------|--------------------|----------|
|                     |                        |               |               | $b_1$ - mez             | průměrná $b_{prům.}$ | konečná $b_2$ |                    |          |
| 50 °C (D)           | 240                    | < 0,2         | 58            | 47                      | 45                   | 35            | 23                 | výrazná  |
|                     | 408                    | < 10          | 71            | 59                      | 63                   | 44            | 27                 | výrazná  |
| 100 °C (D)          | 48                     | < 0,2         | 59            | 48                      | 19                   | -11           | 70                 | výrazná  |
|                     | 168                    | < 3           | 58            | 47                      | 2                    | -25           | 83                 | výrazná  |
|                     | 144                    | < 10          | 52            | 41                      | 5                    | -26           | 78                 | výrazná  |
| 25 °C (D)           | 1488                   | < 10          | 71            | 59                      | 60                   | 58            | 13                 | výrazná  |
| 100 °C (PO)         | 96                     | < 0,2         | 166           | 147                     | 43                   | -27           | 193                | výrazná  |

Tabulka 4: Souhrnná tabulka vyhodnocení změn indexu puchnutí uhlí D a PO.

| teplota a druh uhlí | délka oxidace (hodiny) | zrnitost (mm) | výchozí $SI_1$ | Stanovené hodnoty SI (bod) |                       |                | rozdíl $SI_1 - SI_2$ | poznámka  |
|---------------------|------------------------|---------------|----------------|----------------------------|-----------------------|----------------|----------------------|-----------|
|                     |                        |               |                | $SI_1$ - mez               | průměrná $SI_{prům.}$ | konečná $SI_2$ |                      |           |
| 50 °C (D)           | 240                    | < 0,2         | 6,5            | 6,0                        | 6,5                   | 6,5            | 0,0                  | nevýrazná |
|                     | 240                    | < 10          | 6,5            | 6,0                        | 6,5                   | 6,5            | 0,0                  | nevýrazná |
| 100 °C (D)          | 264                    | < 0,2         | 6,5            | 6,0                        | 3,5                   | 1,0            | 5,5                  | výrazná   |
|                     | 408                    | < 3           | 6,5            | 6,0                        | 4,0                   | 1,0            | 5,5                  | výrazná   |
|                     | 264                    | < 10          | 6,5            | 6,0                        | 5,0                   | 2,0            | 4,5                  | výrazná   |
| 25 °C (D)           | 1488                   | < 10          | 6,5            | 6,0                        | 6,5                   | 6,5            | 0,0                  | nevýrazná |
| 100 °C (PO)         | 312                    | < 0,2         | 8,5            | 8                          | 4,0                   | 0,5            | 8,0                  | výrazná   |

**Tabulka 5:** Souhrnná tabulka vyhodnocení změn maximální plasticity uhlí D.

| teplota a druh uhlí | délka oxidace (hodiny) | zrnitost (mm) | Stanovené hodnoty $F_{max}$ (ddpm) |                   |                          |                     |     | rozdíl $F_{max.1} - F_{max.2}$ | poznámka |
|---------------------|------------------------|---------------|------------------------------------|-------------------|--------------------------|---------------------|-----|--------------------------------|----------|
|                     |                        |               | výchozí $F_{max.1}$                | $F_{max.1} -$ mez | průměrná $F_{max.prům.}$ | konečná $F_{max.2}$ |     |                                |          |
| 50 °C               | 240                    | < 10          | 1064                               | 958               | 691                      | 375                 | 689 | výrazná                        |          |
| 100 °C              | 48                     | < 0,2         | 258                                | 232               | 91                       | 5                   | 253 | výrazná                        |          |
|                     | 120                    | < 3           | 669                                | 602               | 154                      | 4                   | 665 | výrazná                        |          |
|                     | 96                     | < 10          | 609                                | 548               | 163                      | 6                   | 603 | výrazná                        |          |
| 25 °C               | 1488                   | < 10          | 1064                               | 958               | 781                      | 669                 | 395 | výrazná                        |          |

### 3. Závěr

V práci byla zhodnocena kvalitativní změna koksovatelného uhlí při nízkoteplotní oxidaci za přesně definovaných laboratorních podmínek. Podařilo se sestavit grafy časového průběhu změn základních koksovacích vlastností vyjádřených ukazateli dilatace, index puchnutí a maximální plasticita. Uvedené ukazatele vykazují pokles s rostoucí dobou oxidace. Rychlost časové změny jednoznačně ovlivňuje teplota, zrnitost a stupeň prouhelnění daného uhlí.

Jako nejcitlivější ukazatel se za podmínek experimentů jeví maximální plasticita a poté dilatace. Index puchnutí vykazuje zvýšenou citlivost až při vyšších teplotách, tj. v našem případě při 100 °C.

Zásadním zjištěním, které je nezbytné vzít na vědomí při nakládání s koksovatelným uhlím v provozních podmínkách, je skutečnost, že hodnota maximální plasticity výrazně klesá již za běžných atmosférických teplot v časovém úseku jednoho až dvou měsíců. Tímto se samozřejmě uhlí ochuzuje o termoplastické vlastnosti a znehodnocuje pro daný účel. Podobný osud vykazuje i samotná dilatace, i když méně výrazně. Z praktického pohledu se jeví jako velmi přínosné provést podobnou studii v podmínkách otevřené venkovní skládky.

### Literatura

1. Taraba, B.: Nízkoteplotní oxidace a samovzněcování uhelné hmoty. Ostrava: Ostravská univerzita, 2003, 112 s. ISBN 80-7042-832-5.
2. Wang, H., Dlugogorski, B. Z., Kennedy, E. M.: Coal oxidation at low temperatures: Oxygen consumption, oxidation products, reaction mechanism and kinetic modelling. Prog.Ener.Com.Sci. v. 29, 2003, n. 6, p. 487-513.
3. Kidena, K. et al.: Low-temperature oxidation of coal-suggestion of evaluation method of active methylene sites. Energy and Fuels v. 17, 2003, n. 4, p. 1043-1047.
3. Moran, A., et al.: Influencia de la oxidacion del carbon en sus propiedades tecnologicas, en relacion con la combustion/Influence of oxidation on the technological properties of coal, related to combustion. Inform. Technol. v. 7, 1996, n. 6, p. 43-48.
4. Pisupati, S. V., Scaroni, A.W.: Effects of natural weathering and low-temperature oxidation on some aspects of the combustion behaviour of bituminous coals. Fuel v. 72, 1993, n. 6, p. 779-785.
5. Pisupati, S. V., Scaroni, A.W., Hatcher, P.G.: Devolatilization behaviour of naturally weathered and laboratory oxidized bituminous coals. Fuel v. 72, 1993, n. 2, p. 165-173.
6. Machnikowska, H.: Wplyw utleniaania powietrzem na wlasciwości węgla kokсового. Karbo 2007, n. 3, p. 138-143.
7. Kaloč, M., Brož, L., Kret, J.: Hutnictví železa I. Skripta. Ostrava: VŠB, 1986, 258 s.
8. Prachethan, K.P. et al.: Influence of coal fluidity on coal blend and coke quality. Ironmaking and Steelmaking v. 35, 2008, n. 6, p. 416-420.
9. Álvarez, R., et al.: Weathering study of an industrial coal blend used in cokemaking. J. Eng. Appl. Sci. v. 38, 1998, n. 12, p. 1332-1338.
10. Casal, M.D. et al.: Modifications of coking coal and metallurgical coke properties induced by coal weathering. Fuel Proces.Tech. v. 84, 2003, n.1-3, p. 47-62.
11. Álvarez, R. et al.: Influence of coal weathering on coke quality. Ironmaking and Steelmaking v. 30, 2003, n. 4, p. 307-312.
12. ČSN ISO 349 (1994): Černá uhlí. Dilatometrická zkouška podle Audibert – Arnu.
13. ČSN ISO 8264 (1995): Černá uhlí. Stanovení vlastnosti puchnutí s použitím dilatometru.
14. ČSN 44 1373 (1982): Černá uhlí. Stanovení indexu puchnutí (zrušena bez náhrady od 2007-10-01).
15. ASTM D 2639-04 (2004): Standard Test Method for Plastic Properties of Coal by the Constant-Torque Gieseler Plastometer.

### Summary

Marek Zamazal  
ArcelorMittal Ostrava, Ostrava

#### ***Laboratory study of influence of low temperature oxidation on coking properties of bituminous coal***

Low temperature oxidation is a complex reaction which brings deterioration in quality of bituminous coking coal. Coking properties such as maximum fluidity (Gieseler), dilatation and free swelling index are significantly decreased by this natural reaction. This article deals with laboratory study of low temperature oxidation effects on these three indicators in order to characterize quality changes in coal matrix. Two totally

different kinds of coking coal were submitted to low temperature oxidation under several basic conditions, i. e. three temperature levels (25, 50 and 100 °C) and three particle size levels (< 0,2 mm, < 3 mm and < 10 mm). It was found that all these indicators fell during oxidation time. The reaction rate depends on temperature, particle size and coal rank. The Gieseler maximum fluidity proved to be the most sensitive indicator characterizing impairment of coking properties. This finding is supported by the fact that this indicator is strongly reduced by the oxidation at laboratory temperature and 60 % air humidity within two months. On the other hand free swelling index wasn't changed up to 50 °C but at the temperature of 100 °C it showed considerable decline.