Prof. Ing. Jiří Nováček, Csc., VŠB – TU Ostrava, Institut environmentálního inženýrství

Ing. Pavel Rucký, VÚHU, a. s., Most

Transformace HR – diagramu upravitelnosti z analýzy mikrovzorků na reálnou zrnitost

Transformation des HR-Diagramms der Aufbereitungsfähigkeit aus der Analyse von Mikroproben zu einer realen Körnigkeit

Das Diagramm der Aufbereitungsfähigkeit, gewonnenes aus den Werten der sog. „Analyse von Mikroproben", entwickelte im Braunkohlenforschunginstitut A. G. Most (VÚHU), ist im Vergleich mit gleichem Diagramm, zusammengestellten aus den Angaben der Schlämmfraktionsanalyse der repräsentativen Probe des geförderten Rohstoffes durch bestimmte Ungenauigkeiten belastet, die als Unterschiede infolge eines unterschiedlichen Grades der „Kornöffnung" zu bezeichnen sind. Die Eliminierung dieser Unterschiede ist möglich nur bei Kenntnis konkreten, anwendbaren Abhängigkeiten zwischen den beiden Diagrammen. Die Untersuchung dieser Problematik hat nachgewiesen, dass eine solche Abhängigkeit der Anteil von Austragen der schwimmenden Fraktionen abgerechneten von beiden Diagrammen für Gleiche, günstig gewählte, durchschnittliche Aschengehalte dieser Fraktionen darstellen können.

Der nachstehende Beitrag befasst sich mit der Methodik und dem Verfahren bei der Übertragung des Diagramms der Aufbereitungsfähigkeit aus den Werten der Mikroprobenanalyse zu einer realen Körnigkeit des geförderten Rohstoffes.

Transformation of the HR – washability diagram from the analysis of micro-samples to real granularity

The washability diagram acquired from the values of so-called "micro-samples analysis" developed in the Brown Coal Research Institute, j.s.c., Most is loaded by inaccuracies that may be identified as the differences in consequence of a various degree of "grain opening", when compared to the same diagram made from the data of an elutriation fraction analysis of a representative sample of the raw stock exploited. The elimination of the above differences is possible only upon specific usable dependencies between both of the diagrams. The research after these problems proved that such a dependency might be the share of outputs of floating fractions deducted from both of the diagrams for the same, suitably selected, average values of the ash content of these fractions.

The following essay deals with the methodology and procedure upon the transformation of the washability diagram from the micro-samples analysis values to the real granularity of the raw stock exploited.

Трансформация диаграммы обогащаемости ГР из анализа микропроб на реальную зернистость

Диаграмма обогащаемости, полученная на базе величин так наз. "анализа микропроб" разработанного институтом ВУГУ, а/о Мост, находится - в сравнении с одинаковой диаграммой, построенной по данным фракционного анализа гидравлического обогащения для представительной пробы извлеченного сырья - под наследствием неточностей, которые можно обозначить как разницы в результате различного степени "разъединения зерна". Исключить такие различия можно только при знании конкретных используемых зависимостей между обеими диаграммами. Исследование данной проблематики показало, что такой зависимостью может быть доля выходов плавающих фракций, отсчитываемых из обеих диаграмм для одинаковых - подходящим образом выбранных - средних зольностей этих фракций.

Статья занимается методикой и процессом перевода диаграммы обогащаемости из величин анализа микропроб на реальную зернистость извлеченного сырья.

Transformace HR – diagramu upravitelnosti z analýzy mikrovzorků na reálnou zrnitost
Diagram upravitelnosti, získaný z hodnot tzv.„ analýzy mikrovzorků" vyvinuté ve VÚHU, a. s., Most, je ve srovnání se stejným diagramem, sestrojeným z údajů plavící frakční analýzy reprezentativního vzorku těžené suroviny, zatížen nepřesnostmi, které lze označit jako rozdíly v důsledku různého stupně „otevření zrna". Eliminace těchto rozdílů je možná pouze při znalosti konkrétních použitelných závislostí mezi oběma diagramy. Výzkum této problematiky prokázal, že takovou závislostí může být podíl výnosů plovoucích frakcí odečtených z obou diagramů pro stejné, vhodně zvolené, průměrné popelnatosti těchto frakcí.
Metodikou a postupem při převodu diagramu upravitelnosti z hodnot analýzy mikrovzorků na reálnou zrnitost těžené suroviny se zabývá následující pojednání.

1 Úvod

Znalost diagramu upravitelnosti těžené suroviny je zásadní pro volbu optimálních podmínek jejího rozdružování a jejich eventuálních změn. Obtížnost provedení plavící frakční analýzy vzorku těžené hnědouhelné suroviny v přirozené zrnitosti těženého materiálu zvýhodňuje a upřednostňuje pro řízení technologického procesu rozdružování uhlí využití údajů získaných metodou „analýzy mikrovzorků" [1], [2]. Odlišnosti v průběhu křivek obou diagramů (obr. 1) způsobené různým stupněm „otevření zrna" je za účelem správné volby podmínek separace nezbytné eliminovat. Výsledky výzkumu současně prokázaly, že rozdíly v průběhu křivek diagramů upravitelnosti v HR – zobrazení jsou pro různé typy hnědých uhlí výrazně odlišné.

S cílem využít existujících rozdílů v průběhu obou diagramů k transformaci diagramu upravitelnosti z analýzy mikrovzorků na diagram reálné zrnitosti těžené suroviny musí být tyto diference pro jednotlivé typy hnědých uhlí s maximální možnou přesností specifikovány.

Údaje získané v rámci výzkumu prokazují, že mezi významné faktory, ovlivňující rozdílný průběh obou diagramů, patří

- popelnatost nejlehčích frakcí
- hmotnostní výnos nejlehčí frakce
- průměrný obsah popela v těženém uhlí
- upravitelnost uhlí
- rozdíl popelnatostí nejtěžší a nejlehčí frakce aj.

Výzkum diferencí průběhů diagramů upravitelnosti z hodnot obou typů analýz byl experimentálně proveden pro 5 rozdílných vzorků uhlí a hodnoty výše uvedených významných faktorů pro tyto typy hnědých uhlí jsou uvedeny v tab. 1.

Analýza souvislostí mezi HR – diagramem z analýzy mikrovzorků a z plavící frakční analýzy reprezentativního vzorku hnědého uhlí prokázala, že pro jejich kvantifikaci nejsou vhodné údaje o samostatných frakcích různé hustoty, odečítané ze základních křivek obou diagramů.

Příčinou této skutečnosti jsou rozdílné údaje o těchto frakcích obou analýz a to jak kvantitativní tak kvalitativní (výnosy frakcí, průměrné obsahy popela) a nelze nalézt společný srovnávací parametr. Jako využitelné pro kvantifikaci souvislostí mezi křivkami z obou analýz se jeví údaje získané z křivek plovoucích nebo kleslých frakcí, kdy lze zvolenému kvalitativnímu nebo kvantitativnímu údaji pro obě analýzy přiřadit doplňující (opačný) údaj odečtený z obou diagramů (průměrnému obsahu popela odpovídající hmotnostní výnos a naopak).

Jako výhodné pro specifikaci regresních vztahů mezi oběma diagramy se jeví hmotnostní výnosy plovoucích frakcí z obou diagramů přiřazené stejným, vhodně zvoleným, průměrným obsahům popela těchto frakcí. Vzájemný podíl těchto hmotnostních výnosů pro stejný průměrný obsah popela pak charakterizuje kvantitativním způsobem hledaný vztah mezi oběma diagramy.

Takto získané údaje jsou použitelné k transformaci diagramu upravitelnosti z analýzy mikrovzorků na diagramu upravitelnosti pro reálnou zrnitost rozdružované hnědouhelné suroviny.

Vzhledem k významu této transformace pro úspěšné využití metody analýzy mikrovzorků jsou výzkumné práce v této oblasti součástí řešení grantového projektu GAČR č. 105/99/1125.

2 Metodika transformace diagramu upravitelnosti z analýzy mikrovzorků na diagram pro reálnou zrnitost

Rozdílný průběh diagramů upravitelnosti v HR – zobrazení pro jeden z typů hnědých uhlí, sestrojených z hodnot získaných analýzou mikrovzorků a plavící frakční analýzou reprezentativního vzorku uhlí po dobývacím procesu (reálná zrnitost při rozdružování), je zřejmý z obr. 1.

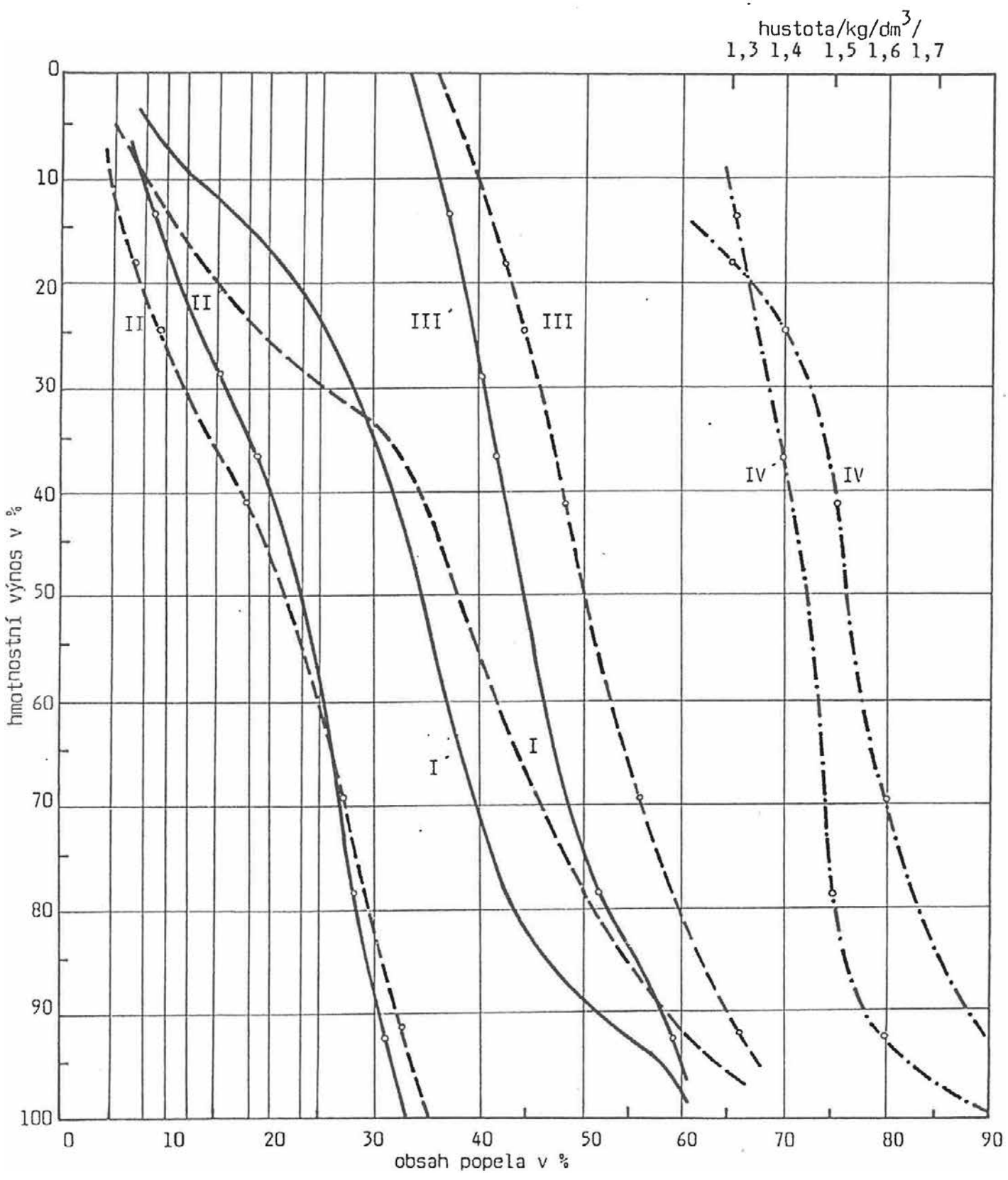
Plnými čárami jsou znázorněny křivky upravitelnosti pro reálnou zrnitost, čárkovanými čárami pak křivky sestrojené z hodnot analýzy mikrovzorků.

K porovnání hmotnostních výnosů plovoucích frakcí z křivek obou diagramů byly vzhledem k složení uhelné suroviny zvoleny průměrné obsahy popela v těchto frakcích o hodnotách 5, 8,10, 12, 15, 18, 20, 23, 25 a 30 % (osa x diagramu na obr. 1).

Hmotnostní výnosy plovoucích frakcí pro zvolené průměrné obsahy popela byly odečteny z křivek plovoucích frakcí obou diagramů a jsou zaznamenány v tab. 2 (sloupec 2, 3).

V téže tabulce jsou rovněž zapsány jejich podíly pro příslušné obsahy popela (sloupec 4).

K převodu údajů získaných analýzou mikrovzorků na hodnoty platné pro reálnou zrnitost lze využít příslušných podílů hmotnostních výnosů plovoucích frakcí daného typu uhlí tak, že přepočtem hodnot hmotnostních výnosů plovoucích frakcí z analýzy mikrovzorků pomocí těchto podílů (opravných koeficientů) získáme hodnoty těchto hmotnostních výnosů plovoucích frakcí pro reálnou zrnitost suroviny. Nezbytnou podmínkou je volba správného typu hnědého uhlí podle charakteristických údajů v tab. 1. Pro jednotlivé typy uhlí pak jsou stanoveny přepočítací (opravné) koeficienty pro zvolené průměrné obsahy popela plovoucích frakcí.



Obr. 1 Průběh diagramů upravitelnosti pro analýzu mikrovzorků a reálnou zrnitost těžené suroviny

Tab. 1: Faktory ovlivňující rozdíly u diagramů upravitelnosti z analýzy vzorků reálné zrnitosti a analýzy mikrovzorků

HODNOCENÝ FAKTOR	TYP UHLÍ				
	I	II	III	IV	V
Průměrný obsah popela	45,11	33,34	26,74	31,72	27,49
Rozdíl obsahu popela v nejtěžší a nejlehčí frakci	60,57	50,76	54,22	65,5	39,62
Obsah popela v nejlehčí frakci	11,45	8,83	16,78	10,03	25,31
Hmotnostní výnos nejlehčí frakce	21,89	13,44	66,05	58,9	83,23

Tab. 2 Hmotnostní výnosy plovoucích frakcí pro zvolené obsahy popela a jejich podíly

Obsah popela v %	Hmotnostní výnos plovoucí frakce v %		Podíl hmotn. výnosů reálná zrnitost
	reálná zrnitost	zrnitost mikrovzorků	zrn. mikrovzorků
1	2	3	4
5	-	11,-	-
8	12,-	21,-	0,57
10	17,-	25,5	0,67
12	21,-	30,-	0,70
15	28,-	35,5	0,79
18	34,-	41,-	0,83
20	40,-	46,5	0,86
23	50,-	55,-	0,91
25	60,-	62,-	0,97
30	87,5	82,-	1,07

Postup transformace diagramu upravitelnosti z hodnot analýzy mikrovzorků na reálnou zrnitost lze rozdělit na několik postupných kroků.

1. Sestrojení křivky plovoucích frakcí a křivky hustot z analýzy mikrovzorků do souřadnicového systému pro HR – zobrazení diagramu upravitelnosti.
2. Stanovení hmotnostních výnosů plovoucích frakcí pro zvolené popelnatosti jejich odečtením z křivky plovoucích frakcí, jejich přepočet pomocí opravných koeficientů

pro daný typ hnědého uhlí na reálnou zrnitost a vynesení bodů křivky plovoucích frakcí pro reálnou zrnitost.

3. Konstrukce křivky hustot pro reálnou zrnitost pomocí křivky hustot z analýzy mikrovzorků a křivky plovoucích frakcí reálné zrnitosti.
4. Výpočet průměrných obsahů popela jednotlivých frakcí o výnosech v rozmezí rozdílů hmotnostních výnosů plovoucích frakcí pro zvolené popelnatosti z bilance množství popela v plovoucích frakcích.
5. Konstrukce křivky upravitelnosti pro reálnou zrnitost z hodnot průměrných obsahů popela v jednotlivých frakcích a z hodnot výnosů frakcí vypočtených jako rozdíly hmotnostních výnosů plovoucích frakcí pro zvolené po sobě následující průměrné obsahy popela.
6. Grafická konstrukce křivky kleslých frakcí [1].

3 Praktická aplikace metodiky transformace diagramu upravitelnosti z analýzy mikrovzorků na reálnou zrnitost

Z údajů analýzy mikrovzorků je do souřadnicového systému pro HR-zobrazení diagramu upravitelnosti sestrojena křivka plovoucích frakcí a křivka hustot (obr. 2 – čárkované křivky I, IV). Pro vhodně zvolené obsahy popela (5, 8, 10, 12, 15, 18, 20, 23, 25, 30 %) jsou z křivky plovoucích frakcí odečteny hmotnostní výnosy plovoucích frakcí (tab. 3, sl. 2).

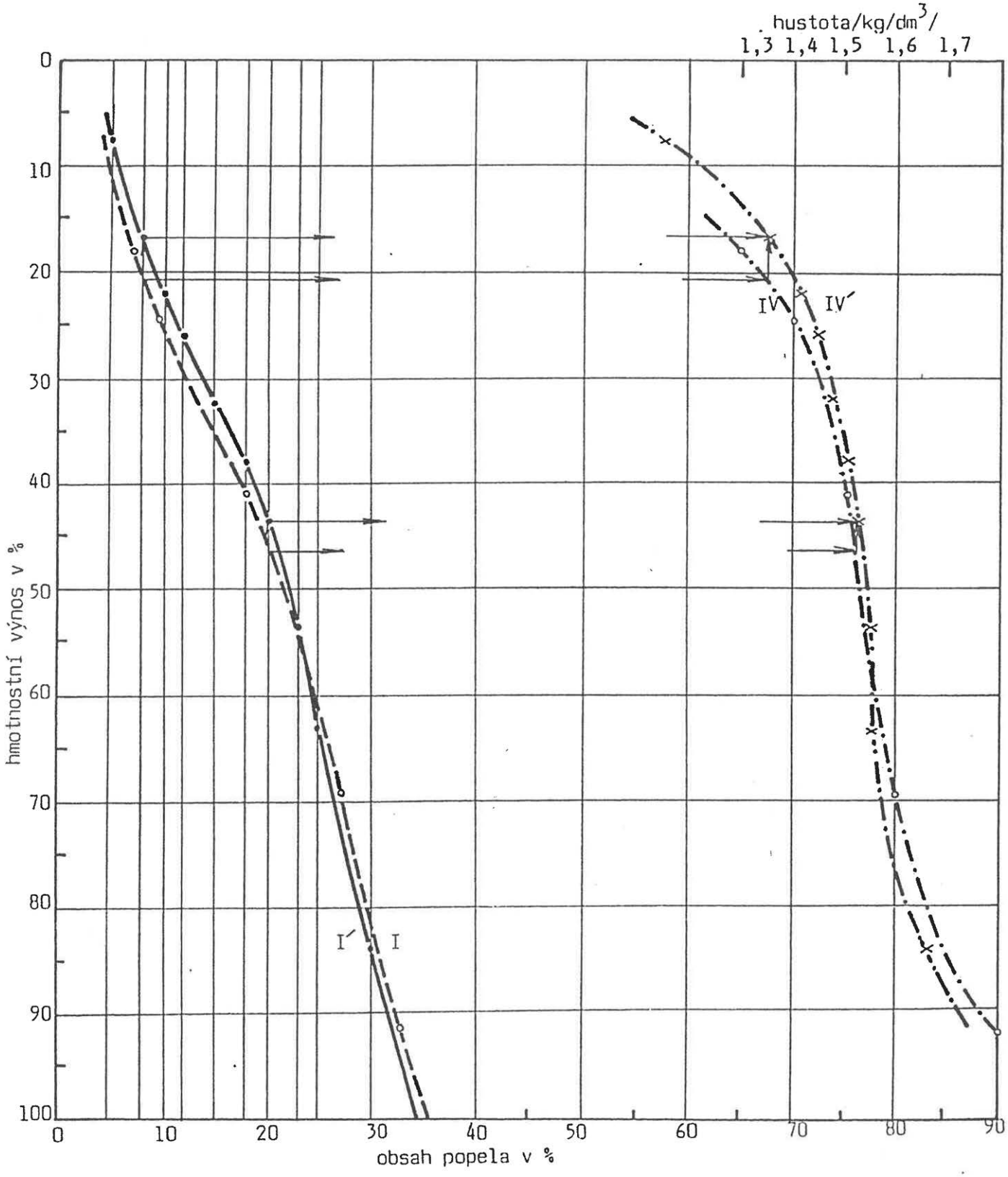
Odečtené údaje představují po násobení příslušnými opravnými koeficienty (tab. 3, sl. 3) hmotnostní výnosy plovoucích frakcí pro tytéž obsahy popela a reálnou zrnitost suroviny (tab. 3, sl. 4). Křivka plovoucích frakcí pro reálnou zrnitost, sestrojena z takto získaných údajů, je zakreslena do obr. 2 (plná čára I'). K této křivce plovoucích frakcí je pomocí křivky plovoucích frakcí a křivky hustot z analýzy mikrovzorků přiřazena křivka hustot pro reálnou zrnitost. Konstrukce bodů křivky hustot je naznačena na obr. 2 pro obsahy popela 8 % a 20 % (body křivky hustot IV' pro reálnou zrnitost jsou označeny křížky).

K výpočtu obsahů popela v jednotlivých frakcích, které jsou vymezeny rozmezím zvolených obsahů popela, lze využít bilance množství popela v plovoucích frakcích těchto popelnatostí. Výpočet je proveden v tab. 4.

Hmotnostní výnosy jednotlivých frakcí jsou vypočteny jako rozdíly výnosů po sobě jdoucíchplovoucích frakcí (tab. 4, sl. 2). Množství popela v jednotlivých frakcích jsou stanovena jako rozdíly množství popela v po sobě následujících plovoucích frakcích (tab. 4, sl. 3).

Hmotnostní výnosy jednotlivých frakcí a jejich množství popela jsou uvedeny rovněž v tab. 4 (sloupec 5 a 6). Obsahy popela v jednotlivých frakcích jsou pak vypočteny jako podíly množství popela a hmotnostních výnosů příslušných frakcí (tab. 4, sl. 7).

Křivka upravitelnosti z hodnot sloupců 5 a 7, tab. 4 je zakreslena na obr. 3 (I) a doplněna křivkou kleslých frakcí sestrojenou pomocí grafické konstrukce (III).



Obr. 2 Konstrukce křivky plovoucích frakcí a křivky hustot pro reálnou zrnitost

Obr. 3 Křivka upravitelnosti a křivka kleslých frakcí pro reálnou zrnitost materiálu

Tab. 3 Výpočet hmotn. výnosů plovoucích frakcí pro reálnou zrnitost pomocí opravných koeficientů

Obsah popela v plovoucích frakích v %	Hmotnostní výnos plovoucí frakce pro analýzu mikrovzorků %	Opravný koeficient pro zvolený obsah popela plovoucí frakce	Hmotnostní výnos plovoucí frakce pro reálnou zrnitost
1	2	3	4 = 2x 3
5	11, -	0,72	7,92
8	21, -	0,80	16,80
10	25,5	0,86	21,93
12	30, -	0,88	26,40
15	35,5	0,91	32,31
18	41, -	0,92	37,72
20	46,5	0,94	43,71
23	55, -	0,98	53,90
25	62, -	1,01	62,62
30	82, -	1,02	83,64

Tab. 4 Výpočet obsahů popela ve frakcích z hodnot množství popela v plovoucích frakcích

plovoucí frakce			frakce hodnoceného uhlí			
obsah popela v %	hmotnost. výnos v %	množství popela v kg/10t^{-1}	číslo frakce	hmotnost. výnos v %	množství popela v kg.10t^{-1}	obsah popela ve frakci v %
1	2	3 = 1x2	4	5	6	7 = 6 : 5
5	7,92	39,60	I	7,92	39,60	5,00
8	16,80	134,40	II	8,88	94,80	10,68
10	21,93	219,30	III	5,13	84,90	16,55
12	26,40	316,80	IV	4,47	97,50	21,81
15	32,31	484,65	V	5,91	167,85	28,40
18	37,72	678,96	VI	5,41	194,31	35,92
20	43,71	874,20	VII	5,99	195,24	32,59
23	53,90	1239,70	VIII	10,19	365,50	35,87
25	62,62	1565,50	IX	8,72	325,80	37,36
30	83,64	2509,20	X	21,02	943,70	44,90
34,5	100,00	3450,00	XI	16,36	940,80	57,51

4 Závěr

Efektivní využití výsledků analýzy mikrovzorků k volbě optimálních podmínek rozdružování hnědého uhlí resp. k jejich změně při výrazném kolísání kvality suroviny předpokládá odstranění vlivu vyššího stupně „otevření zrn" na průběh křivek v diagramu upravitelnosti. Eliminaci těchto nepřesností lze zajistit využitím opravných koeficientů pro různé typy hnědých uhlí ke stanovení hodnot potřebných ke konstrukci diagramu upravitelnosti (křivky plovoucích frakcí) odpovídajícího výsledkům frakční plavící analýzy reprezentativního vzorku těženého hnědého uhlí.

Výše uvedená a použitá metodika je výsledkem výzkumu v této oblasti s cílem maximálního zpřesnění podmínek rozdružování hnědého uhlí a stanovení adekvátních změn technologického procesu separace při zásadních změnách kvality těžené suroviny [3].

Literatura

1. Kozák, J. - Cagaš, Z.: Hodnocení upravitelnosti a způsobů úpravy nerostných surovin , SNTL / SVTL , Praha 1965
2. Vidlář, J. a kol.: Ověření metod hodnocení gravitační upravitelnosti hnědého uhlí, výzkumná zpráva VŠB Ostrava, 1988
3. Závěrečná zpráva z řešení grantového projektu GAČR č. 105/99/1125 „Výzkum možností zlepšení technologických a ekonomických výsledků úpravy hnědého uhlí aplikací údajů z hodnocení upravitelnosti metodou mikrovzorků a změn zdánlivé hustoty v úseku těžba – úprava", VÚHU, a. s. Most, 2001