

Prof. Ing. Jiří Nováček, Ing. Oldřiška Bláhová, VŠB - HGF - TU Ostrava
Ing. Pavel Rucký, VÚHU, a.s., Most

Příspěvek k řešení optimalizace procesu úpravy hnědého uhlí

Beitrag zur Lösung der Prozessoptimierung bei der Braunkohlenaufbereitung

Neben der Finalsortierung des Braunkohle- rohstoffes in Handelsarten ist unbedingt irgendeine Teile der geförderten Kohle durch die Aufbereitungstechnologie an einen Qualitätsprodukt (sog. Waschkohle) und Produkte mit den höherem Aschegehalt (Zwischenprodukt event. Taubgut) zu teilen.

Gleichzeitige Verteilungsbedingungen des Rohstoffes nach dem Aschegehalt im qualitätsmäßigen Produkt bilden keine Voraussetzung für Steuerung des Aufbereitungs- prozesses, um eine optimale quantitative und auch ökonomische Ausnutzung des ge- förderten Rohstoffes sichern zu könnten. Die Regulierung des Sortierenverfahrens, die die optimale Ausnutzung des Rohstoffes gesichert, setzt voraus ergänzende Informa- tionen über:

- die Aufbereitbarkeit des Rohstoffes (durch die Analyse der Mikroproben)
- die Änderungen einer scheinbaren Dichte (Angaben über den Feuchtigkeitsverlust)
- die Sortierenleistung der angewandten Anlage (Teilungskurven)
- die Anforderungen an erzeugte Produkte (Qualität, Quantität).

Diese Informationen sind durch die Unter- suchung in Einzelgebieten (event. durch die Marktkenntnisse) und durch die Kenntnisse von von gegenseitigen Verbindungen zwi- schen den gewonnenen Faktoren und Quali- tätskennzahlen zu erlangen. Durch die Auswertung der Einwirkung von Einzelfaktoren auf die Qualität des zu verarbeiteten Rohstoffes kann im Vorsprung ein geeignetes Separations- regime gewählt werden und bei Erfordernissen an qualitative und quantitative Änderungen von Kohlen- gemischen eine rechtzeitige System- regulierung durchzuführen.

Solution of optimization of the brown coal preparation process

Besides final sorting of the lignite raw material into commercial sorts, it is necessary to divide some parts of the mined coal, using a preparation technology, into a quality product (so called cleaned coal) and products with higher ash content (intermediate product or waste rock).

Current conditions of raw material division according to the ash content in a quality product does not create precondition for managing of preparation process in order to secure optimal quantitative and economic usage of the exhausted material. Regulation of separating operation, which provides optimal usage of the raw material counts with following additional information about:

- ability to prepare the raw material (by analysis of micro samples)
- changes in seeming density (information about decrease of water content)
- separation effect of the used device (separation curves)
- requirements on the products (quality, quantity)

It is possible to reach this information by research in particular fields (eventually by knowledge of the market) and by finding the mutual connections between the obtained factors and qualitative marks. With timely evaluation of influence of particular factors on the quality of the processed raw material it is possible to choose a suitable separation regime and to make necessary changes in case of quantitative or qualitative changes of requirements on the marketing mixtures in time.

Решение оптимизации процесса обогащения бурого угля

Помимо финальной сортировки буроугольного сырья на отдельные

коммерческие марки необходимо некоторые части извлеченного угля помощью технологии обогащения разделить на качественный продукт (так наз. промытый уголь) и продукты с высшим содержанием золы (промежуточный продукт или же пустую породу).

Имеющиеся условия сепарирования сырья по содержанию золы в качественном продукте не создают предпосылки для управления процессом обогащения так, чтобы обеспечить оптимальное количественное и экономическое использование извлеченного материала. Регулирование операций сепарации, обеспечивающих оптимальное использование сырья, предполагает дополнительные данные по:

- обогащаемости сырья (на основе анализа микропроб)
- изменениям кажущейся плотности (информация по падению влажности)
- к.п.д. сепарации у используемого оборудования (кривые разьема)
- требованиям к изготавливаемым продуктам (качество, количество).

Эти данные можно получить путем исследований в отдельных областях (или же на основе знания рынка) и обнаружения взаимосвязей между полученными факторами и качественными показателями. На основе оценки влияния отдельных факторов на качество обрабатываемого сырья можно с опережением срока выбрать подходящий режим сепарации и в случае количественных или качественных изменений требований по смесям угля на

сбыт можно провести своевременно требуемое изменение.

Príspevek k řešení optimalizace procesu úpravy hnědého uhlí

Vedle finálního třídění hnědouhelné suroviny na obchodní druhy je nezbytné některé části těženého uhlí úpravnickou technologií rozdělit na kvalitní produkt (tzv. prané uhlí) a produkty s vyšším obsahem popela (meziprodukt event. hlušinu).

Současné podmínky rozdělování suroviny podle obsahu popela v kvalitním produktu nevytváří předpoklad pro řízení úpravnického procesu tak, aby bylo zajištěno optimální kvantitativní i ekonomické využití vydobytého materiálu. Regulace rozdělovací operace zabezpečující optimální využití suroviny předpokládá doplňující informace o

- upravitelnosti suroviny (např. analýzou mikrovzorků)
- změnách zdánlivé hustoty (informace o úbytku vlhkosti)
- účinnosti rozdělování použitého zařízení (dělicí křivky)
- požadavcích na vyráběné produkty (kvalita, kvantita).

Tyto informace lze získat výzkumem v jednotlivých oblastech (event. znalostí trhu) a nalezením vzájemných vazeb mezi získanými faktory a kvalitativními ukazateli. Vyhodnocením vlivu jednotlivých faktů na kvalitu zpracovávané suroviny lze v předstihu zvolit vhodný separační režim a v případě kvantitativních nebo kvalitativních změn požadavků na odbytové směsi provést jeho včasnou změnu.

I. Podstata problému

Hnědé uhlí má stále významnou roli při zabezpečování elektrické a tepelné energie. Vedle finálního třídění hnědouhelné suroviny na obchodní druhy je nutno některé části vytěženého materiálu podrobit tzv. gravitační úpravě, tj. rozdělit ji v úpravnickém procesu na kvalitní produkt (prané uhlí) event. meziprodukt a hlušinu s vysokým obsahem popela (odpad). Současné dělení suroviny pouze podle obsahu

popela v praném uhlí nevytváří předpoklad pro řízení úpravnického procesu tak, aby bylo zajištěno maximální kvantitativní a ekonomické využití těžené suroviny. Omezená informovanost o kvalitě suroviny z hlediska upravitelnosti neumožňuje změny režimu rozdružování tak, aby byly zajištěny kvalitativní požadavky odběratelů při dosažení maximálního hmotnostního i ekonomického efektu.

Řízení technologického procesu separace těžené suroviny, naplňující výše uvedené požadavky, předpokládá dostatečné informace o

- upravitelnosti těžené suroviny
- změnách zdánlivé hustoty částic těžené suroviny v úseku těžba - úprava
- kvalitě použitých rozdružovačů (účinnosti rozdružování)
- požadavcích na vyráběné produkty z hlediska obsahu popela (nebo výhřevnosti) a množství produkce.

Ekonomický tlak na všechny oblasti průmyslové výroby vyvolává nutnost hledat cesty zvyšování ekonomické efektivnosti také v oblasti úpravy uhlí. Proto byl několik let realizován ve VÚHU v Mostě výzkum možností zjednodušení analýzy upravitelnosti těžené suroviny. V letech 1995 - 1996 byla pak v rámci řešeného grantového projektu GA ČR „Výzkum upravitelnosti hnědého uhlí pro ekologické užití“ prováděna analýza přesnosti této zjednodušené „analýzy upravitelnosti metodou mikrovzorků“ srovnáváním výsledků plavící analýzy vzorků reálné zrnitosti s výsledky analýzy mikrovzorků. Současně byla prováděna měření ke zjištění závislosti úbytku zdánlivé hustoty kusů hnědého uhlí na poklesu obsahu vody v uhlí v důsledku dopravy vytěžené suroviny do úpravy a event. skladování v zásobnících. Tato závislost je podstatná pro volbu dělicího řezu v rozdružovačích. Součástí řídicího procesu v úpravě musí být rovněž využívání informací o parametrech účinnosti rozdružovacích zařízení, ovlivňujících konečné výsledky separačního procesu spolu s informacemi o aktuálních požadavcích odběratelů.

Obtížnost řešení optimalizace procesu úpravy hnědého uhlí spočívá rovněž ve skutečnosti, že hodnoty sledovaných parametrů jsou u těžené uhelné suroviny značně variabilní. Uspokojivé řešení a tvorba algoritmu řízení rozdružovacího procesu v čase předpokládá buď znalost vhodných průměrných údajů o výše uvedených parametrech (upravitelnost, obsah vody), jejichž odchylky od reálných okamžitých hodnot jednotlivých částí upravované suroviny jsou v praxi akceptovatelné nebo informace o těchto parametrech pro jednotlivé upravované části suroviny. Protože dosud provedený výzkum neposkytuje dostatek dat umožňujících realizaci záměru komplexní optimalizace úpravnického procesu, byl navržen a schválen grantový projekt GA ČR pro výzkum v této oblasti s názvem „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“.

II. Dosavadní poznatky

a) hodnocení upravitelnosti

Způsob hodnocení upravitelnosti metodou analýzy mikrovzorků je ve srovnání s frakční analýzou prováděnou v těžkých kapalinách podstatně rychlejší a levnější. Její výsledky jsou však zatíženy chybami vyplývajícími z rozdílů

- velikosti kusů zpracovávaných při frakční analýze (a rozdružovaných v úpravně) a kusů hodnocených při analýzách mikrovzorků. Tento výrazný, až 140 násobný rozdíl ve velikosti částic způsobuje zkreslení údajů o upravitelnosti, proti reálné zrnitosti /5, 7/, (obr. 1). Použité údaje byly doplněny o další analýzu provedenou v rámci řešení grantového projektu v roce 1999
- výsledků ve stanovení obsahu popela z regresní závislosti tohoto údaje ke zdánlivé hustotě ve srovnání s obsahy popela stanovenými spalováním podle ČSN /1, 2, 6/, (obr. 2).

Předmětem dalšího výzkumu v rámci projektu GA ČR bude nalezení vztahů mezi diagramem upravitelnosti, získaným analýzou mikrovzorků a frakční plavicí analýzou v těžkých kapalinách. Výzkum bude dále orientován na získání těsné závislosti mezi obsahem popela stanoveným vážením kusů a spalováním, hlavně v oblasti nízkých popelnatostí, kde byly zjištěny největší rozdíly.

b) změny zdánlivé hustoty v závislosti na obsahu vody

Snížením obsahu vody v jednotlivých kusech těžené suroviny dochází současně ke snižování zdánlivé hustoty těchto kusů. Vzhledem ke skutečnosti, že separace jednotlivých částí suroviny je založena na rozdílu jejich zdánlivých hustot, je před rozdružováním nezbytná informace o poklesu vlhkosti kusů ve vztahu k tomuto údaji, získanému při analýze mikrovzorků. Změny hustoty částic v závislosti na úbytku obsahu vody (hmotnosti) jsou zřejmé z tab. 1. Úbytky vlhkosti představují pak posun křivky hustot v diagramu upravitelnosti. Pro přesnější využití bude nutno nalézt vztah mezi úbytkem vlhkosti (zdánlivé hustoty) a obsahem popela za jinak stejných podmínek, pro nalezení správného průběhu křivky hustot.

Předmětem výzkumu v rámci projektu GA ČR je zpřesnění možných úbytků vlhkosti v závislosti na způsobu a době dopravy i skladování pro doplnění diagramu upravitelnosti reálnou křivkou zdánlivých hustot v okamžiku separace (obr. 3)

c) stabilita účinnosti rozdružovacího zařízení

Diagram upravitelnosti umožňuje spolu s diagramem účinnosti rozdružovacího zařízení (dělicí křivka) stanovit množství a kvalitu produktů rozdružování za daných podmínek nebo volbu podmínek rozdružování zajišťujících potřebnou kvalitu vyráběných produktů. Metoda spočívá ve výpočtu tzv. předpokládaných výnosů produktů a jejich kvality využitím dělicích čísel pro jednotlivé frakce zpracovávané suroviny. Zobrazení dělicí křivky daného zařízení v tzv. anamorfním diagramu pak umožní stanovení dělicí hustoty potřebné k získání produktu potřebné kvality.

Řešeným problémem v rámci projektu je nalezení úrovně stability rozdružovacího režimu v daném zařízení získáním dlouhodobě využitelné dělicí křivky (obr. 4). Měřením na úpravně uhlí Komořany byly dosud známé informace doplněny v roce 1999 o dva další diagramy účinnosti rozdružování.

Tab. 1 : Změny zdánlivé hustoty kusů uhlí v závislosti na úbytku jejich hmotnosti (obsahu vody)

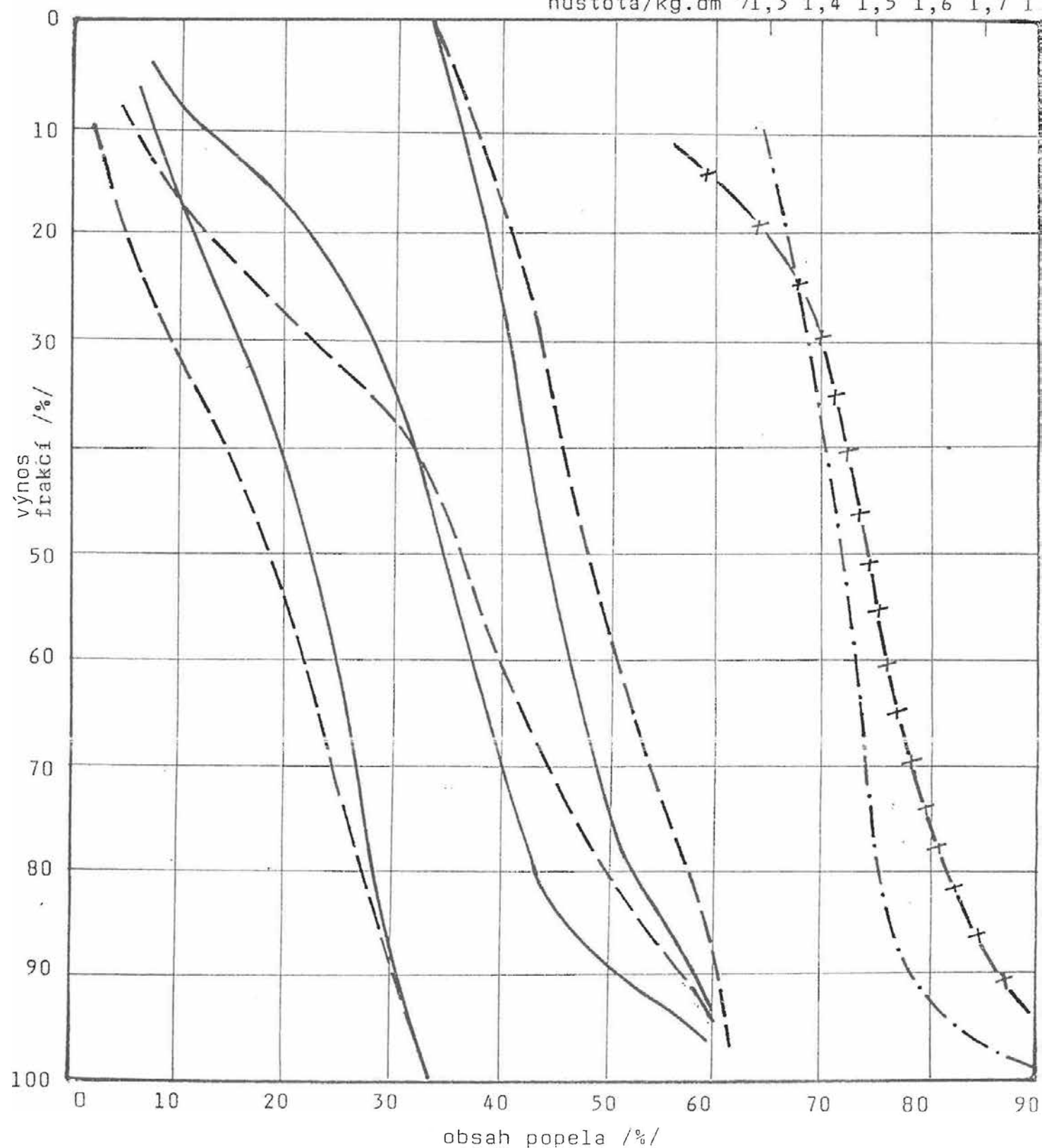
původní zdánlivá hustota /kg.dm ⁻³ /	úbytek hmotnosti 5 %		úbytek hmotnosti 10 %		úbytek hmotnosti 15 %	
	úbytek hmotnosti /kg/	zdánlivá hustota /kg.dm ⁻³ /	úbytek hmotnosti /kg/	zdánlivá hustota /kg.dm ⁻³ /	úbytek hmotnosti /kg/	zdánlivá hustota /kg.dm ⁻³ /
1,30	0,0650	1,235	0,130	1,170	0,1950	1,105
1,35	0,0675	1,283	0,135	1,215	0,2025	1,148
1,40	0,0700	1,330	0,140	1,260	0,2100	1,190
1,45	0,0725	1,378	0,145	1,305	0,2175	1,233
1,50	0,0750	1,425	0,150	1,350	0,2250	1,275
1,55	0,0775	1,473	0,155	1,395	0,2325	1,318
1,60	0,0800	1,520	0,160	1,440	0,2400	1,360
1,65	0,0825	1,568	0,165	1,485	0,2475	1,403
1,70	0,0850	1,615	0,170	1,530	0,2550	1,445
1,75	0,0875	1,663	0,175	1,575	0,2625	1,488
1,80	0,0900	1,710	0,180	1,620	0,2700	1,530

Zpravodaj Hnědé uhlí 1/2000

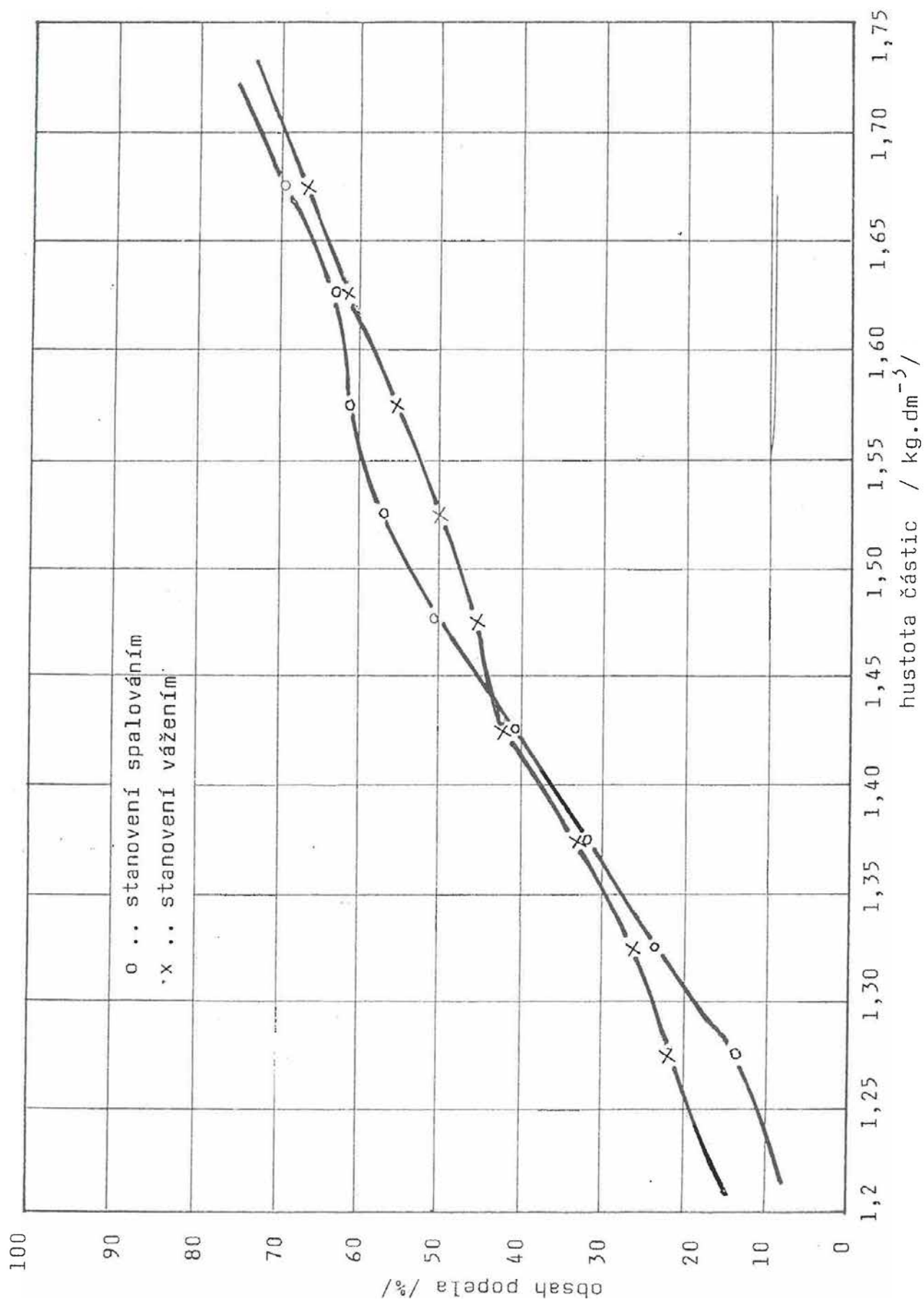
— diagram upravitelnosti z hodnot plavící analýzy

----- diagram upravitelnosti z analýzy mikrovzorků

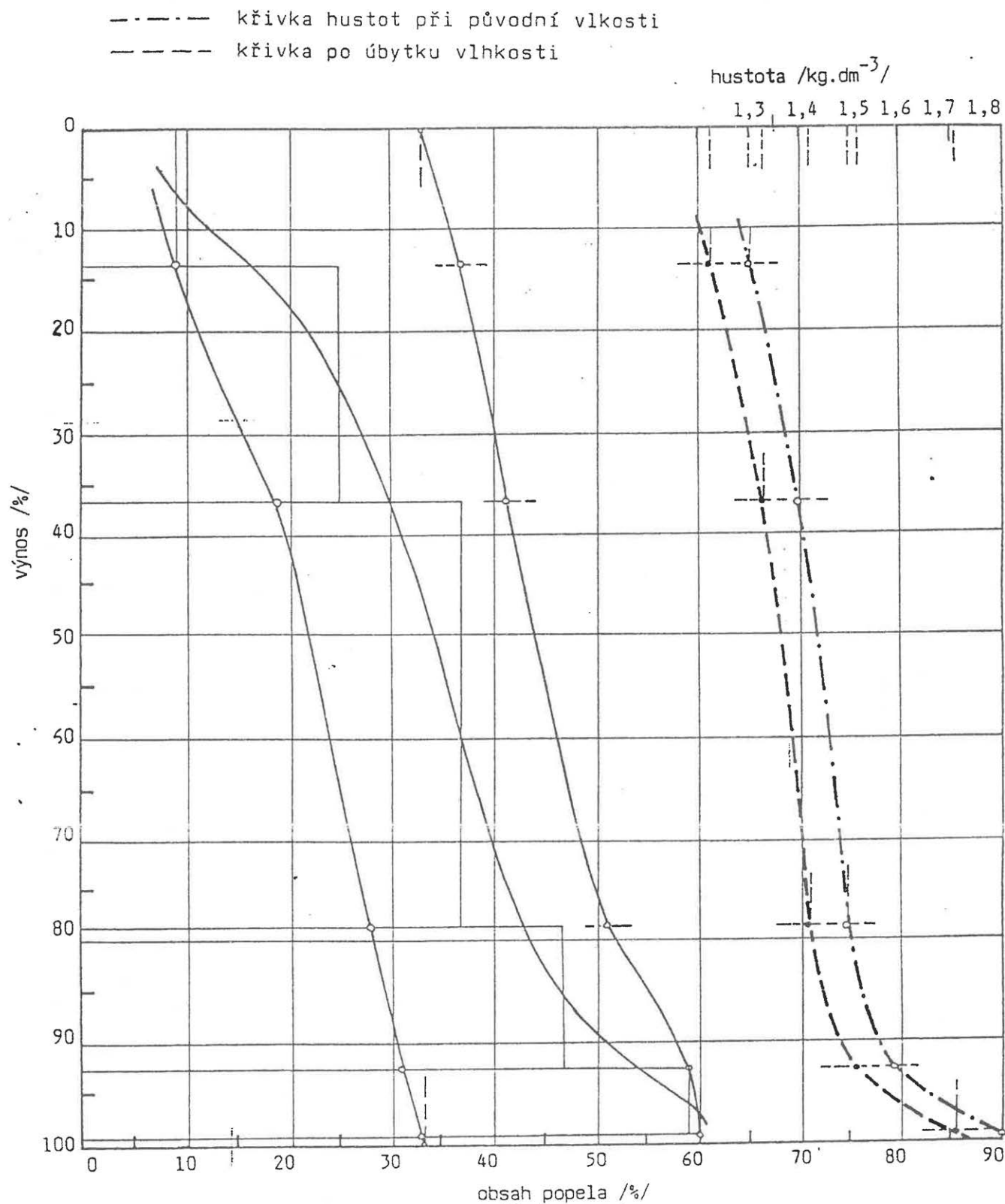
hustota/kg.dm⁻³/1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1



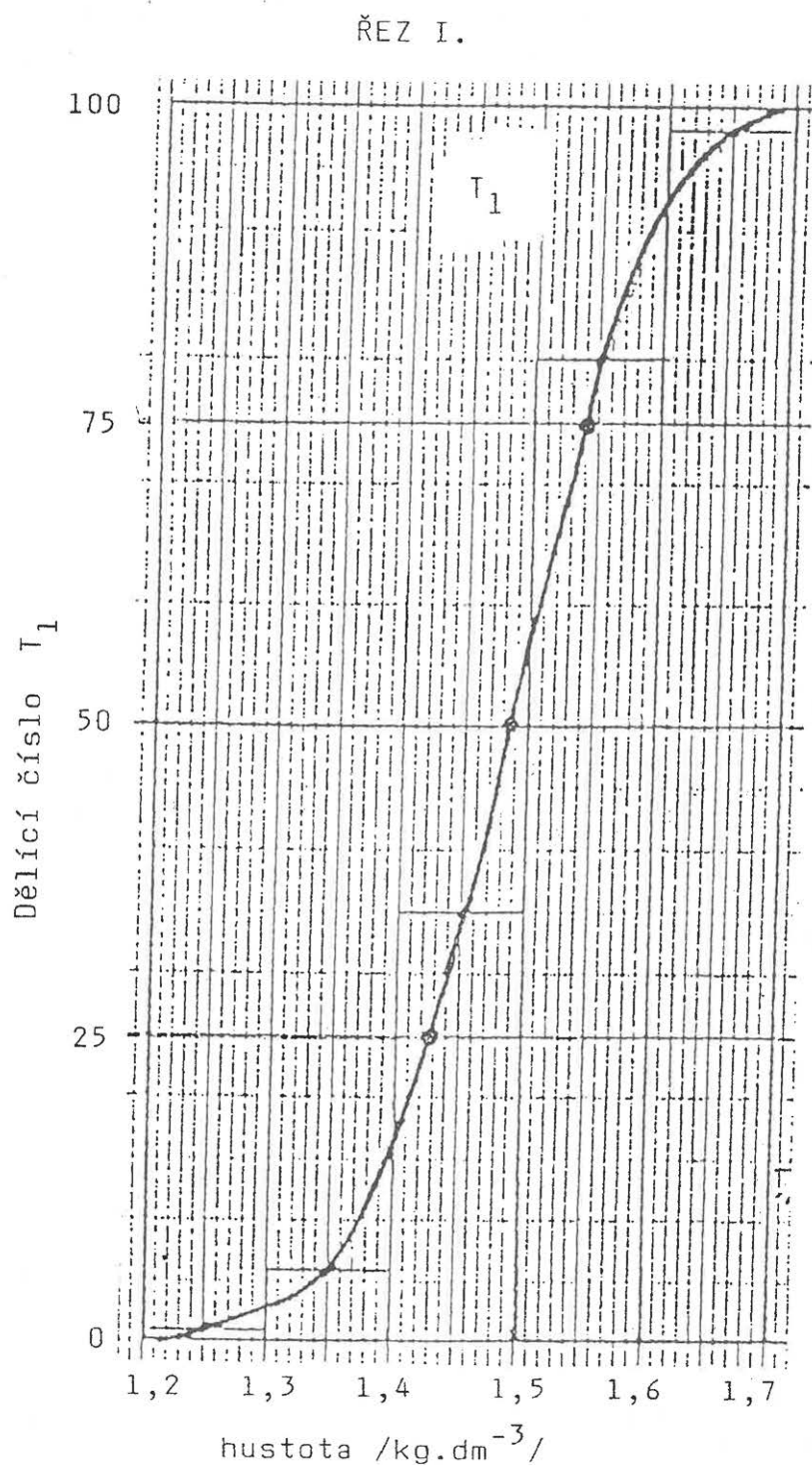
Obr. 1 Srovnání průběhů diagramů upravitelnosti hnědé uhlí z hodnot získaných metodou mikrovzorků a z plavící analýzy



Obr. 2 Porovnání závislosti obsahu popela na hustotě při stanovení popela spalováním a vážením na digitálních sedimentačních vahách



Obr. 3 Změna průběhu křivky hustot vlivem úbytku hmotnosti (obsahu vody)



Obr. 4 Dělicí křivka pro první dělicí řez rozduřování hnědé uhlí v těžkosuspenních rozduřovačích

III. Postup při optimalizaci procesu úpravy uhlí

Výchozí informací pro nalezení optimálního režimu úpravy uhlí je získání diagramu upravitelnosti příslušné části těženého uhlí. Tento diagram bude v praxi získáván metodou analýzy mikrovzorků z vrtu v příslušné oblasti těžené sloje.

Takto získaný diagram upravitelnosti bude pomocí regresní závislosti získané výzkumem převeden na diagram upravitelnosti pro reálnou (skutečnou) zrnitost upravované suroviny. Křivka zdánlivých hustot z analýzy mikrovzorků bude při optimalizaci nahrazena křivkou zdánlivých hustot pro reálnou vlhkost a obsah popela využitím výsledků získaných měření v rámci projektu. Pomocí dělicích čísel z dělicí křivky, charakterizující stabilitu ostroty rozduřování, budou z diagramu upravitelnosti vypočteny výnosy produktů rozduřování a jejich kvalita. V případě, že kvalita produktů nebude vyhovující, lze ověřit množství a obsah popela v produktech za jiných podmínek (snížení nebo zvýšení dělicí hustoty) využitím změny polohy dělicí křivky v anamorfním diagramu a zvolit nejvhodnější podmínky rozduřování. Ty je nutné zvolit podle okamžitých podmínek na trhu nebo situací v odbytě. Údaje pro konstrukci stabilní dělicí křivky budou získány rovněž měřeními v rámci projektu.

IV. Z á v ě r

Z výše uvedeného je zřejmé, že naznačený postup a jeho realizace by umožnila volit a měnit technologii úpravy zpracovávané suroviny v závislosti na reálných předpokladech pro její efektivní využití i podle okamžitých potřeb. Hodnoty použitelné pro potřebné výpočty lze však získat pouze vyhodnocením značné řady měření jak již vyplynulo z výše uvedených skutečností. Je tedy zřejmé, že výzkum v této oblasti a uvedených směrech je oprávněný a naměřené výsledky nejsou samoúčelné.

Literatura :

- /1/ Kužel, J., Rucký, P.: Stanovení upravitelnosti uhelných zásob na vybraných jádrových vrtech těženého průzkumu DJŠ 1994. Výzkumná zpráva VÚHU Most 164/ 94
- /2/ Rucký, P., Valeš, J., Nováček, J., Bláhová, O.: Výzkum upravitelnosti hnědého uhlí pro ekologické využití - závěrečná zpráva. Výzkumná zpráva grantového projektu č. 105 / 95 / 1031
- /3/ Valeš, J., Kužel, J.: Vyhodnocení těžkokapalinového rozduřování na ÚUK při použití náhradního zatěžkávadla, porovnání stávajícího a nového zatěžkávadla. Výzkumná zpráva VÚHU Most 186 / 97
- /4/ Nováček, J., Bláhová, O.: Některé poznatky o změnách vlhkosti hnědých uhlí v úseku těžba - úprava a jejich možném vlivu na výsledky rozduřování. Uhlí - Rudy - Geologický průzkum č. 2 / 1997
- /5/ Nováček, J., Bláhová, O.: Možnosti využití metody stanovení upravitelnosti uhlí z vrtných jader (mikrovzorků) k řízení procesu separace hnědých uhlí. Uhlí - Rudy - Geologický průzkum č. 4 / 1997