

Laboratorní a výpočetní technika

HODNOCENÍ VELIKOSTÍ KŘEMENNÝCH ZRN V TROJROZMĚRNÝCH STRUKTURÁCH

JAN VÍTEK

Vědeckovýzkumný uhelný ústav, 716 07 Ostrava-Radvanice

Došlo 26. 9. 1983

Při rekonstrukci trojrozměrné struktury z jejího rovinného řezu, prováděné např. při vyhodnocování nábrusů hornin, je nutno přihlížet k vlivu dvou faktorů:

—neekvivalence velikosti minerálních zrn a velikosti z nich vzniklých rovinných řezů a

—neekvivalence relativních četností zrn jednotlivých velikostí v trojrozměrném vzorku a relativních četností odpovídajících řezů zrn v nábrusu.

Byl vypracován výpočetní postup pro eliminaci uvedených zdrojů chyb, využívající samočinného počítače. Jeho použitelnost byla ověřena na souboru vzorků různých typů hornin, u nichž byla hodnocena disperzita křemenných zrn.

ÚVOD

Pro klasifikaci a technologické hodnocení hornin, u nichž jsou ve spojitě fázi rozptýlena zrna nespojitě fáze, má zásadní význam stanovení disperzity rozptýlené fáze a zhodnocení struktury horniny. Údaje o četnosti a velikosti minerálních zrn se nejčastěji získávají proměřováním nábrusů nebo výbrusů hornin. Při tomto způsobu hodnocení nejsou však sledovány přímo trojrozměrné objekty, tj. minerální zrna rozptýlená v pojivu, nýbrž pouze dvourozměrný obraz tohoto systému, tj. rovinný řez nábrusem nebo výbrusem.

Toto zjednodušení, vynucené povahou metody hodnocení, je vždy zdrojem nepřesností. Početní zpracování výsledků a jejich správná interpretace přináší řadu problémů, které je nutno řešit s použitím statistických a stereologických metod. Hlavním problémem je převedení údajů, naměřených v rovině náhodně proložené vzorkem horniny, na údaje charakterizující s dostatečnou výstižností rozptýlené částice i celou strukturu horniny jako trojrozměrné objekty.

Hodnocení struktury hornin s použitím proměřování nábrusů a výbrusů je velmi časté [1 až 4]. Pro přepočtení četnosti a distribuce velikostí řezů minerálních částic v rovině proložené vzorkem horniny na četnost a distribuci velikostí částic jakožto trojrozměrných objektů situovaných v trojrozměrném vzorku horniny byla navržena řada přepočtených metod. K nejspolehlivějším náleží metoda podle Saltykova [5], [6].

Rekonstrukce složitějších prostorových struktur (k nimž patří polyminerální horniny, některé kovy a kovové slitiny, průmyslové směsi na bázi kaučuků a plastických hmot) z jejich rovinných zobrazení je velmi obtížná a nelze ji zpravidla provést bez řady zjednodušení. Vyhodnocením nábrusu nebo výbrusu horniny lze získat údaje o její stavbě pouze ve velmi tenké vrstvě, přiléhající z obou stran k rovině řezu. Reprezentativní výsledek lze tedy takto získat pouze za předpo-

kladu, že vzorek horniny je dostatečně homogenní. V některých případech je žádoucí vyhodnotit několik rovinných řezů, podle potřeby i různě prostorově orientovaných. Velikosti řezů minerálních zrn v nábrusech i výbrusech lze měřit přímo při mikroskopickém pozorování, fotogrammetricky nebo s použitím obrazových analyzátorů.

V této práci je pro hodnocení distribuce velikostí křemenných zrn v horninách použita Saltykovova metoda. Je navržena a prakticky ověřena původní verze této metody, umožňující širší a pružnější využití v praxi než citovaná verze [5], [6] s ohledem na rozmanitost hodnocených materiálů.

ALGORITMUS VÝPOČTU

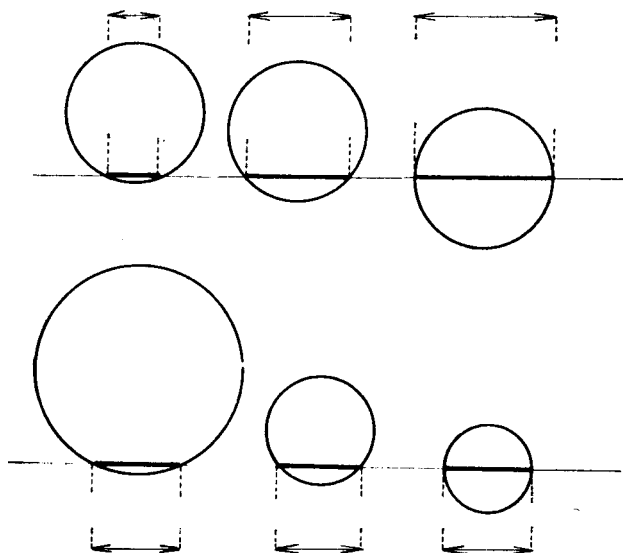
Vstupními daty pro výpočet jsou údaje o četnostech a velikostech řezů křemenných částic. Řezy částic se třídí do vhodně voleného počtu velikostních tříd. Počet velikostních tříd se volí v jednotlivých případech podle rozpětí velikostí řezů u daného vzorku, podle přesnosti měření řezů, podle celkového počtu proměřených řezů a podle požadavků na výstižnost a spolehlivost výsledků výpočtu. Čím větší je počet velikostních tříd řezů částic, tím výstižnější výsledky lze získat. Nemá však význam pracovat s příliš jemným dělením velikostí v případech, kdy přesnost určení velikostí řezů je malá a jejich třídění v důsledku toho problematické, nebo při příliš nízkém počtu proměřovaných řezů, kdy četnosti v jednotlivých velikostních třídách (zvláště okrajových) jsou nepatrné a vedou k statisticky málo významným výsledkům. Zpravidla se vystačí s 10 až 15 velikostními třídami při proměření alespoň 1 000 částic. Velikostní třídy řezů je nutno volit tak, aby střední velikosti tříd, a tedy i příslušné minimální a maximální velikosti v jednotlivých třídách tvořily geometrickou řadu. Tvar částic musí být alespoň přibližně kulový, čemuž odpovídá kruhový tvar řezů částic. Algoritmus výpočtu je možno upravit i pro jiné definované tvary částic (rotační elipsoid apod.).

V této práci jsou hodnoceny křemenné částice, které jsou převážně izometrické. I při jejich nepravidelném tvaru je proto nejvhodnější interpretací koule a odpovídající rovinný řez kruhového tvaru. Toto zjednodušené pojetí je pochopitelně zdrojem nepřesností.

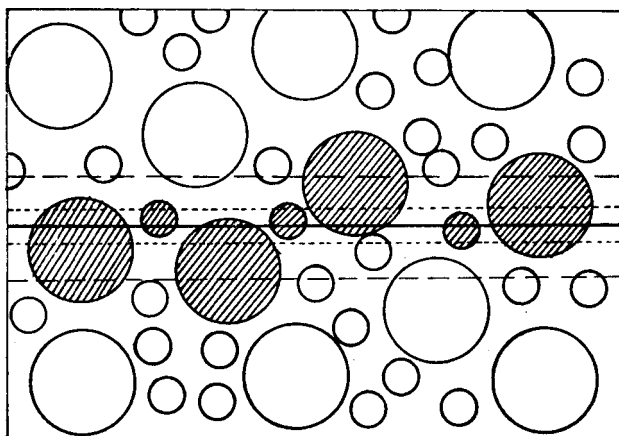
Vyjádříme-li velikost částice průměrem objemově ekvivalentní koule D (mm, μm) a velikost rovinného řezu částice průměrem plošně ekvivalentního kruhu d (mm, μm), platí obecně $D \neq d$. Výjimkou je případ, kdy střed kulové částice leží přímo v rovině řezu a platí $D = d$. Průměr řezu je menší nebo nanejvýš roven průměru částice. Z částic téže velikosti mohou vznikat řezy různých velikostí (viz schéma na obr. 1 nahoře) a naopak řezům konstantní velikosti lze přiřadit částice různých velikostí (obr. 1 dole).

Relativní četnosti řezů částic různých velikostí v rovinném řezu horninou jsou obecně odlišné od relativních četností příslušných částic v trojrozměrném vzorku, jak to názorně vyplývá ze schématu na obr. 2. Jde o boční pohled na vzorek horniny, kde rovina nábrusu resp. výbrusu je znázorněna silnou čarou půlicí obrázek. Je znázorněn modelový soubor, obsahující pouze částice dvou velikostí. Částice, které se nacházejí v blízkosti roviny řezu a vytvářejí řezy různých velikostí, jsou vyšrafovány. Na schématu je znázorněno 12 větších částic, z čehož 4 částice, tj. 33,3 %, vytvářejí v rovině nábrusu řezy různých velikostí. Menších částic je 31 a řezy v nábrusu vznikají pouze ze 3 těchto částic, tj. 9,7 %.

Částice kulového tvaru jakékoliv velikosti vytvoří řez v rovině tehdy, jestliže vzdálenost jejího středu od roviny je menší než její poloměr. Na obr. 2 je dvěma



Obr. 1. Vztahy mezi velikostmi zrn a řezů zrn. Nahoře — vznik řezů zrn různé velikosti ze zrn konstantní velikosti, dole — vznik řezů stejné velikosti ze zrn různé velikosti.



Obr. 2. Schematické znázornění disproporce mezi relativním zastoupením zrn různé velikosti v prostoru a v rovině (viz text).

čárkovanými úsečkami vymezeno pásmo, ve kterém se musejí nacházet středy větších částic, aby vytvořily řez v rovině nábrusu, obdobné pásmo pro menší částice je vymezeno dvěma tečkovanými úsečkami. Z uvedeného schématu je zřejmo, že je-li hodnocená plocha nábrusu F (mm^2), pak částice o poloměru $D_i/2$ (mm) vytvoří řez v nábrusu tehdy, jestliže její střed se nachází v objemu V_i (mm^3) ve vzdálenosti maximálně $D_i/2$ na obě strany od roviny řezu, při čemž

$$V_i = 2FD_i/2 = FD_i. \quad (1)$$

Čím menší je tedy poloměr částice, tím menší je i tloušťka příslušného pásma a hodnota V_t . Pravděpodobnost vzniku řezu z částic příslušných velikostí klesá. Následkem toho jsou četnosti menších částic v nábrusu nebo výbrusu ve srovnání s trojrozměrným vzorkem vždy podhodnoceny.

Vliv obou uvedených faktorů, tj. neekvivalence velikostí částic a velikostí z nich vzniklých řezů a odlišného zastoupení částic různých velikostí v trojrozměrném vzorku a v dvourozměrném obraze, realizovaném nábrusem nebo výbrusem, je nutno eliminovat matematickou cestou. Původní početní metoda, navržená S. A. Saltykovem [5], byla zobecněna a zdokonalena J. Vítkem [7], [8] v úpravě vhodně pro samočinný počítač a použita k hodnocení struktury rud, hornin a průmyslových směsí. Program pro samočinný počítač byl sepsán v jazyku Fortran.

Popis použitého algoritmu byl již publikován [7], [8], proto je zde uváděn pouze ve stručné formě. Jak již bylo uvedeno, mohou řez v nábrusu nebo výbrusu vytvořit pouze ty částice kulového tvaru, jejichž vzdálenost od roviny nábrusu je menší než jejich poloměr. Pro každou velikostní třídu částic je tedy nutno zvlášť vypočítat četnost částic v jednotce objemu vzorku horniny (např. mm³) podle vztahu (1). Tímto způsobem je eliminován vliv nerovnoměrného zastoupení řezů, odvozených z částic jednotlivých velikostí.

Při určování vztahů mezi velikostmi částic a velikostmi z nich vzniklých řezů se vychází ze zjednodušené představy, že částice ani řezy nemohou nabývat libovolných velikostí, nýbrž pouze diskrétních hodnot, odpovídajících středům intervalů jednotlivých velikostních tříd. Charakterizujeme velikosti kulových částic jejich průměry D_i (mm, μ m) a velikosti příslušných kruhových řezů rovněž jejich průměry d_i (mm, μ m). Stupnice velikostí pro částice i řezy se volí stejná, tj. platí $D_i = d_i$ pro všechna i . Mají-li částice, náležející do třídy největších velikostí daného vzorku velikost D_1 , a částicím v dalších třídách s postupně se zmenšujícími velikostmi přisoudíme hodnoty D_2, D_3, D_4 atd., pak z částic o velikosti D_1 mohou vzniknout řezy o velikostech d_1, d_2, d_3, d_4 atd., z částic o velikosti D_2 řezy o velikostech d_2, d_3, d_4, d_5 atd., z částic o velikosti D_3 řezy s velikostmi d_3, d_4, d_5 atd., obecně z částic o velikosti D_i řezy o velikostech d_i, d_{i+1}, d_{i+2} atd.

Pravděpodobnost, že z částice o velikosti D_i vznikne řez o velikosti d_{i+j} (kde i, j jsou přirozená čísla) lze odvodit ze vztahu

$$(D_i/2)^2 = (d_{i+j}/2)^2 + a^2, \quad (2)$$

kde a (mm, μ m) je vzdálenost středu částice od roviny řezu. Dále je nutno vzít v úvahu skutečnost, že pravděpodobnost výskytu všech možných hodnot vzdálenosti a v intervalu $0 < a \leq (D_i/2)$ je stejná.

S přihlédnutím k uvedeným vztahům lze přepočítat experimentálně zjištěnou distribuci velikostí řezů částic v rovině nábrusu nebo výbrusu na distribuci velikostí částic a jejich koncentraci v trojrozměrném vzorku [7], [8]. Vypočtené údaje charakterizují strukturu vzorku horniny v zóně přiléhající oboustranně k rovině nábrusu nebo výbrusu. Lze z nich vypočíst i objemový podíl rozptýlené fáze ve vzorku horniny.

STANOVENÍ DISPERZITY KŘEMENNÝCH ČÁSTIC VE VZORCÍCH HORNIN

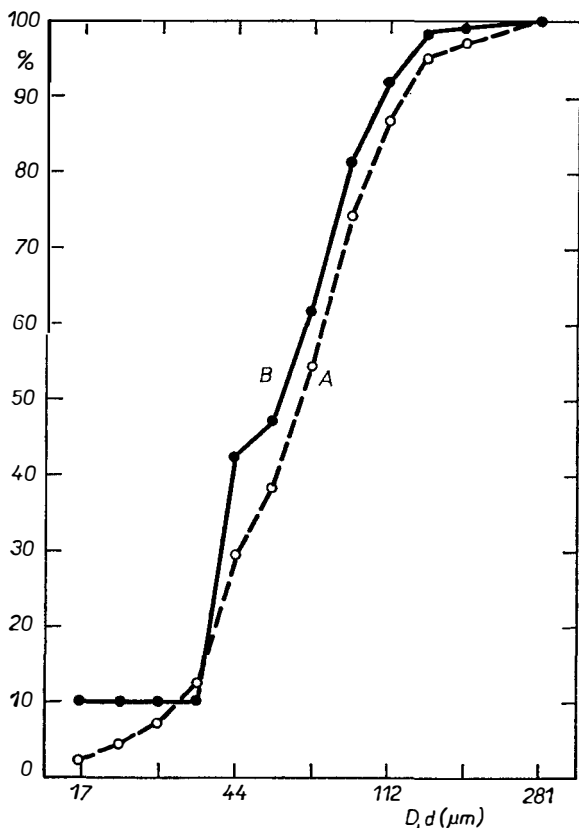
Uvedená výpočetní metodika byla použita k hodnocení disperzity křemenných zrn rozptýlených v různých typech hornin. Křemen je ve formě zrněk nepravidel-

ného tvaru obsažen ve velkém počtu hornin, a to s různým stupněm disperzity i polydisperzity.

Z vybraných vzorků hornin byly běžnými postupy zhotoveny nábrusy. Vyhodnocení nábrusů bylo provedeno s použitím optického mikroskopu. U každého vzorku bylo proměřeno minimálně 1 000 řezů křemenných zrn. Třídění řezů do velikostních tříd bylo provedeno samočinným počítačem.

Hodnocený soubor obsahuje zejména vzorky hornin z ostravskokarvinského uhelného revíru. Byly vybrány horniny s širokým rozpětím ukazatelů disperzity i polydisperzity. Nejvyšší stupeň disperzity křemenných zrn byl nalezen u vzorku s mediánem velikostí řezů 14,00 μm a s odpovídajícím početně zjištěným mediánem velikostí zrn 7,00 μm .

Nejmenší vyhodnocované řezy částice jsou pochopitelně u každého vzorku dány rozlišivostí mikroskopu v daných podmínkách pozorování. Teoreticky mohou vzniknout ze zrna jakékoliv velikosti řezy s velikostmi blízcími se neomezeně nule, lze však prokázat, že vznik řezů, jejichž velikost je řádově menší než velikost

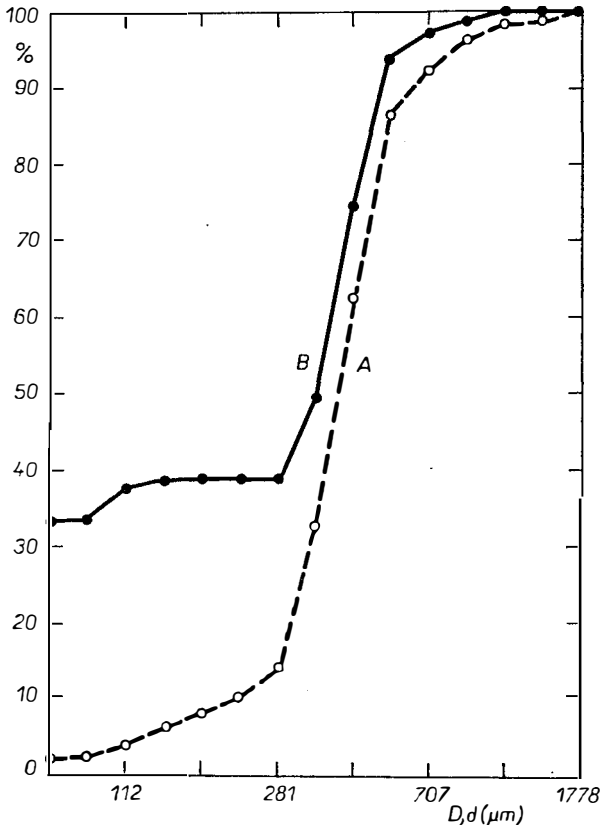


Obr. 3. Kumulativní četnostní křivky hodnot D_1 , d_1 křemenných zrn v daném vzorku horniny. A — distribuce velikostí řezů zrn v nábruse, B — vypočtená distribuce velikostí zrn v trojrozměrném vzorku horniny. Průběh obou sledovaných distribučních křivek je málo odlišný.

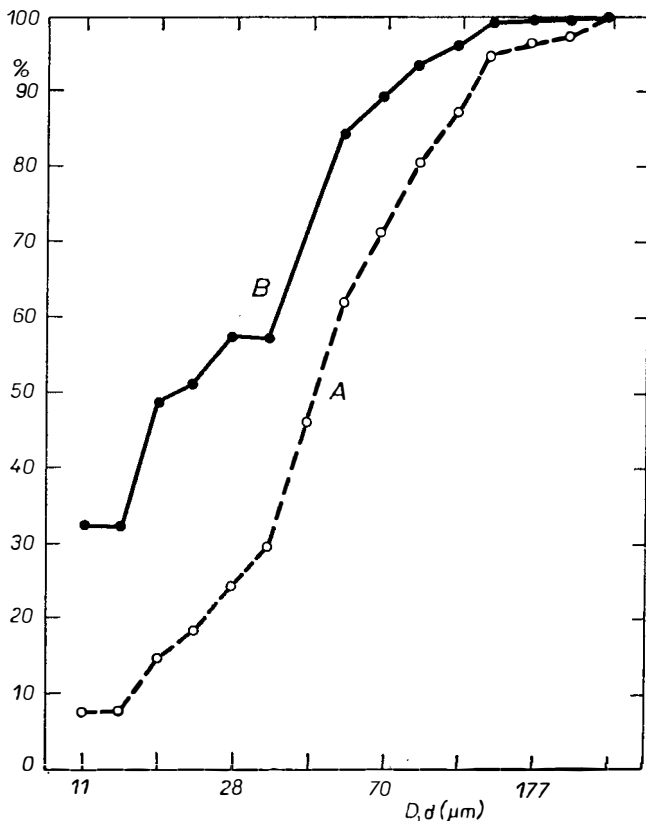
•dpovídajících zrn, je málo pravděpodobný. Chyby, vzniklé zanedbáním řezů o velikostech $d_{i,j} < \text{cca } 0,1D_i$ při výpočtu jsou nepatrné.

U vzorku horainy s nejnižším stupněm disperzity byl nalezen medián velikostí řezů $415,9 \mu\text{m}$ a medián velikostí příslušných zrn $370,9 \mu\text{m}$. Maximální velikost řezů zrn zde byla $1\,410,0 \mu\text{m}$. Ve značně širokém rozpětí se pohybovala i polydisperzita křemenných zrn u jednotlivých vzorků hornin. Poměr mezi nejmenší a největší velikostí sledovaných řezů se u jednotlivých vzorků lišil řádově, a to od cca $1 : 6$ do cca $1 : 80$.

Na obr. 3 až 5 jsou uvedeny tři příklady přepočtu distribuce velikostí řezů křemenných zrn v nábruse na distribuci velikostí těchto zrn jakožto trojrozměrných objektů. Distribuce velikostí zrn i jejich řezů jsou zde charakterizovány kumulativními četnostními křivkami. Byly vybrány typické vzorky hornin, u nichž je vztah mezi trojrozměrnou strukturou a jejím dvourozměrným zobrazením odlišný. V některých případech jsou rozdíly mezi průběhy obou porovnávaných distribučních křivek velmi malé (obr. 3). Na obr. 4 se obě distribuční křivky odlišují částečně, a to v oblasti malých velikostí; na obr. 5 je průběh obou křivek zřetelně rozdílný v celém rozsahu velikostí částic resp. řezů.



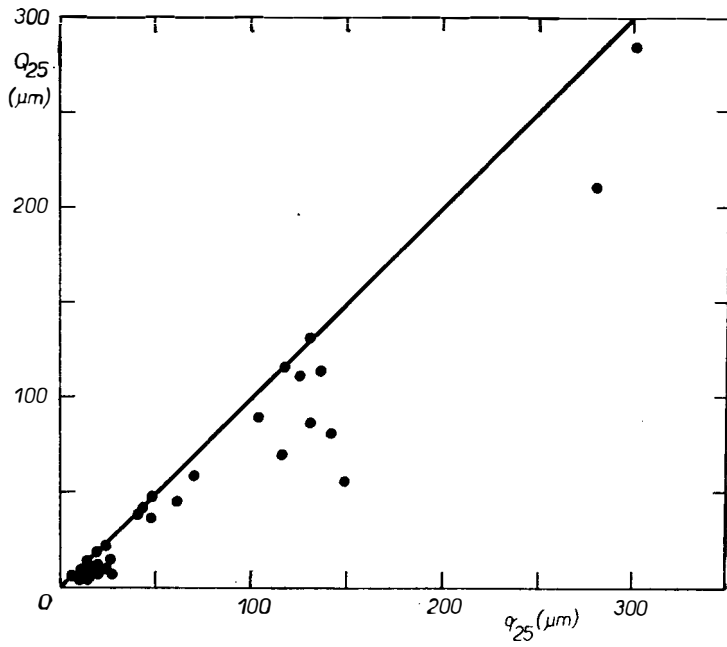
Obr. 4. Obdobné distribuční křivky jako na obr. 3 u jiného vzorku horniny, jejichž průběh je značně odlišný v oblasti jemnějších zrn.



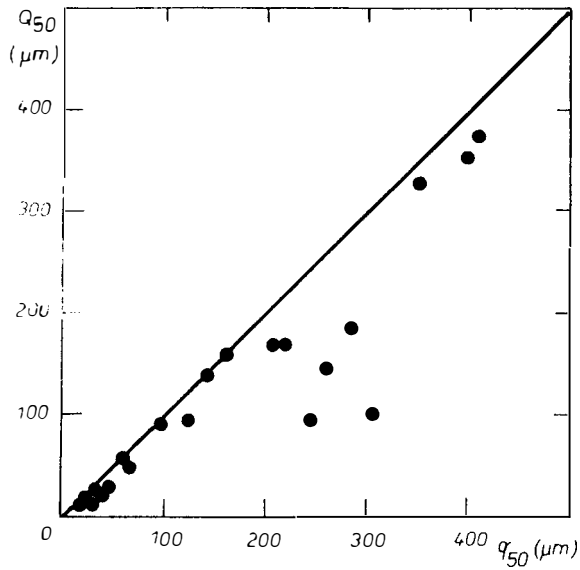
Obr. 5. Obdobné distribuční křivky jako na obr. 3, jejichž průběh je značně rozdílný v celém sledovaném rozpětí velikostí zrn.

Vztah mezi distribucí velikostí řezů a příslušných zrn je obdobně rozmanitý i u dalších hodnocených vzorků hornin. Uplatňuje se vliv řady faktorů, jako jemnosti dělení velikostí řezů i zrn, velikostního rozpětí hodnocených řezů zrn i tvaru distribuční křivky velikostí řezů, ze které vychází výpočet. Proto nebyl nalezen mezi parametry disperzity řezů a příslušných zrn žádný obecně platný vztah. Je tedy nutno provést u každého vzorku horniny přepočít distribuční křivky velikostí řezů, mají-li být získány výstižné údaje o disperzitě zrn v hornině. Rozhodně nelze ztotožňovat velikostní rozdělení zrn a jim příslušných rovinných řezů.

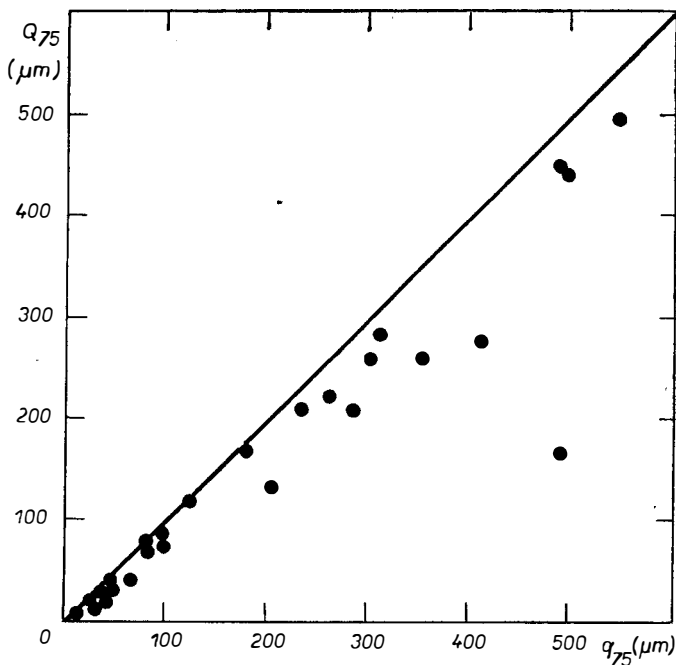
Ačkoliv byl za použití popsané metody zpracován poměrně malý soubor 33 vzorků hornin, je učiněn pokus stanovit empiricky alespoň hrubé závislosti mezi ukazateli disperzity zrn a z nich vzniklých řezů. Grafické zpracování je uvedeno na obr. 6 až 8. U všech hodnocených vzorků hornin byly grafickou metodou zjištěny hodnoty mediánů, charakterizující střední velikosti jednak u zrn, jednak u řezů zrn. Dále byly obdobně nalezeny hodnoty kvartilů, tj. velikosti zrn a řezů zrn, odpovídající četnostem 25 % a 75 % na kumulační křivce četností. Medián odpovídá 50 % četnosti na této křivce. Medián a kvartily pro velikosti řezů zrn



Obr. 6. Vztah mezi hodnotami q_{25} , Q_{25} pro hodnocený soubor hornin.



Obr. 7. Vztah mezi hodnotami q_{50} , Q_{50} pro hodnocený soubor hornin.



Obr. 8. Vztah mezi hodnotami q_{75} , Q_{75} pro hodnocený soubor hornin.

jsou označeny q_{25} , q_{50} , q_{75} (μm), medián a kvartily pro velikosti zrn jakožto trojrozměrných objektů jsou označeny Q_{25} , Q_{50} , Q_{75} (μm). Z obr. 6 až 8 je zřejmo, že platí vztahy $q_{25} \geq Q_{25}$, $q_{50} \geq Q_{50}$, $q_{75} \geq Q_{75}$. Mezi dvojicemi korespondujících mediánů a kvartilů nelze však nalézt definovatelné vztahy.

Určitým ukazatelem odlišnosti průběhu distribučních křivek velikostí zrn a z nich vzniklých řezů jsou poměry mediánů a kvartilů u jednotlivých vzorků hornin p_{25} , p_{50} , p_{75} , kde

$$p_{25} = Q_{25}/q_{25}, \quad (3)$$

$$p_{50} = Q_{50}/q_{50}, \quad (4)$$

$$p_{75} = Q_{75}/q_{75}. \quad (5)$$

Tyto hodnoty kolísají u zpracovaného souboru hornin v poměrně širokých mezích. V tabulce I jsou uvedeny průměrné a extrémní hodnoty p_{25} , p_{50} a p_{75} .

Vypočtené velikostní parametry křemenných zrn jsou všeobecně menší než odpovídající experimentálně zjištěné velikostní parametry řezů zrn. Z teoretické úvahy vyplývá, že u monodisperzního souboru zrn by měla být situace opačná, neboť ze zrna dané velikosti vznikne menší řez nebo v krajním případě řez stejné velikosti ($D_i = d_i$). U polydisperzního souboru se však uplatní i vliv nerovnoměrného zastoupení zrn jednotlivých velikostí v rovinném řezu (obr. 2), který má za následek nadhodnocení četnosti řezů větších zrn, a tím i zvětšení příslušných velikostních ukazatelů zrn. Tento faktor zřejmě u hodnocených vzorků hornin převažuje.

Tabulka I

Průměrné a extrémní hodnoty p_{25} , p_{50} , p_{75} , odpovídající souborům hodnocených křemenných zrn u jednotlivých vzorků hornin

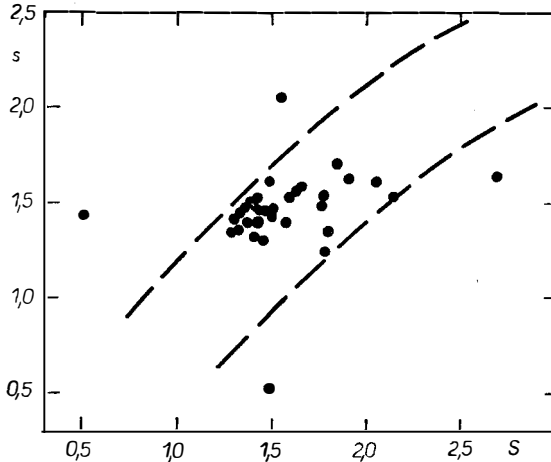
Hodnota	Aritmetický průměr	Minimum	Maximum
p_{25}	0,73	0,04	1,00
p_{50}	0,77	0,35	1,00
p_{75}	0,76	0,09	0,96

Z předechozích úvah vyplývá, že disproporce mezi četnostmi v jednotlivých velikostních třídách u zrn a řezů zrn by měly vyniknout tím zřetelněji, čím je velikostní rozpětí zrn u daného vzorku horniny větší. Je tedy nutno předpokládat, že polydisperzita systému je důležitým faktorem, ovlivňujícím v rozhodující míře výsledky přepočtu. Pro vyjádření stupně polydisperzity rozptýlené fáze byla v oblasti geologických věd navržena řada parametrů ([9] až [13]). V této práci jsou porovnány koeficienty vyřídění s , S [9], kde

$$s = \sqrt{q_{75}/q_{25}}, \quad (6)$$

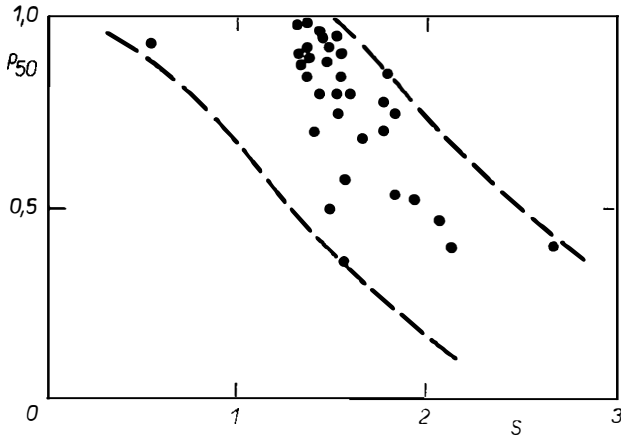
$$S = \sqrt{Q_{75}/Q_{25}}. \quad (7)$$

Vztah mezi hodnotami s , S , vypočtenými pro jednotlivé vzorky hornin, je uveden na obr. 9. Zhruba lze říci, že platí $S = s$, i když některé hodnoty jsou velmi odlehlé. Je nutno vzít v úvahu, že nejmenší řezy zpravidla nejsou do hodnocení zahrnuty, jak již bylo uvedeno, čímž jsou ovlivněny jak hodnoty s , tak i S .



Obr. 9. Vztah mezi hodnotami S , s pro hodnocený soubor hornin.

Na obr. 10 je uvedena závislost mezi hodnotami p_{50} , S . I když je vztah obou veličin pro daný soubor hornin poměrně málo výrazný, lze konstatovat, že se zvětšováním hodnot S , tj. rozptylu velikostí zrn u daného vzorku horniny, klesají



Obr. 10. Vztah mezi hodnotami S , p_{50} pro hodnocený soubor hornin.

hodnoty p_{50} , tj. prohlubuje se rozdíl mezi průběhem distribuční křivky velikostí zrn a velikostí příslušných řezů zrn. Tím se potvrzují výše uváděné teoretické předpoklady.

ZHODNOCENÍ METODY

Popsanou metodu lze využívat téměř univerzálně v geologii i v jiných oborech vzhledem k tomu, že je možno přizpůsobovat ji v širokých mezích vlastnostem různorodých materiálů. Využití samočinného počítače usnadňuje zpracování obsáhlejších souborů experimentálních dat. Exaktně proměřené vzorky hornin lze zpracovat s použitím velmi jemného velikostního dělení řezů zrn (tj. s větším počtem velikostních tříd). Na rozdíl od manuálního výpočtu lze tímto způsobem získat podstatně spolehlivější a výstižnější výsledky s přijatelnými požadavky na pracovní kapacitu.

Literatura

- [1] Rosenfeld M. A., Jacobson L., Fern J. C.: *J. Geology* 61, 114 (1953).
- [2] Packham G. H.: *J. Geology* 63, 50 (1955).
- [3] Kellerhals R., Shaw J., Arora V. K.: *J. Geology* 83, 79 (1975).
- [4] Friedman G. M.: *J. Geology* 66, 394 (1958).
- [5] Saltykov S. A.: *Stereometričeskaja metalografija*, 3. vydání. Metalurgija, Moskva 1977.
- [6] Černjavskij K. S.: *Stereologija v metalovedeníi*. Metalurgija, Moskva 1977.
- [7] Vítek J.: *Chem. průmysl* 31/56, 335 (1981).
- [8] Vítek J.: *Rudy* 30, 243 (1982).
- [9] Trask P. D.: *Econ. Geology* 25, 581 (1930).
- [10] Folk A. L. et al.: *Jour. Sediment. Petrology* 27, 3 (1957).
- [11] Friedman G. M.: *J. Geology* 70, 737 (1962).
- [12] Mc Cammon R. D.: *J. Geology* 70, 453 (1962).
- [13] Inman D. L.: *Jour. Sediment. Petrology* 22, 125 (1952).

ОЦЕНКА РАЗМЕРА КВАРЦЕВЫХ ЗЕРЕН В ТРЕХРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУРАХ

Ян Витек

Научно-исследовательский институт угля, 716 07 Острава-Радванце

Дисперсию минеральных частиц рассеянных в полиминеральных горных породах устанавливают, как правило, на основании измерения размера сечений частиц в аншлифе или шлифе горной породы. Однако полученные результаты характеризуют только двухразмерное плоскостное изображение структуры горной породы, а не ее действительную трехразмерную структуру.

Если частицы имеют шаровидную форму, то получаются плоскостные шарообразные сечения. Диаметр сечения d , как правило, меньше, в крайнем случае равен диаметру шаровидной частицы D и его величина зависит от расстояния центра частицы от плоскости сечения. Частица диаметром D дает в данной плоскости сечение только тогда, когда расстояние его центра от плоскости сечения меньше, чем $D/2$. Следовательно, на аншлифе плоскостью F возникают сечения диаметром $d_i \leq D_i$ из всех частиц диаметром D_i , центры которых находятся в объеме $V_i = 2FD_i/2 = FD_i$ (выше и ниже плоскости сечения). Подобным образом получают сечения диаметром $d_j \leq D_j$ из всех частиц диаметром D_j , центры которых находятся в объеме $V_j = FD_j$. Правдоподобность образования сечения частицы в данной плоскости прямо пропорциональна объему V , а если $D_i < D_j$, то действует также $V_i < V_j$. Следовательно, чем меньше частица, тем меньше правдоподобность образования ее сечения в данной плоскости. Таким образом количество меньших частиц в плоскостных сечениях недооценивается, а у больших частиц переоценивается в сопоставлении с отношениями у трехразмерной пробы.

Для того, чтобы исключить источник приводимых погрешностей, разработали вычислительный метод, который можно применять с помощью вычислительной машины. Приводимым методом обработали 33 пробы горных пород, содержащих рассеянные кварцевые частицы. Исследовали отношения между распределением размеров кварцевых частиц и распределением размеров соответствующих сечений частиц (рис. 3—5). Далее исследовали отношения между некоторыми параметрами дисперсии у комплекса частиц и соответствующего набора сечений (рис. 6—10). Предлагаемый метод предоставляет возможность приспособления алгоритма вычисления свойствам разнообразных рассматриваемых материалов, диапазону оцениваемых комплексов частиц и требованиям к надежности результатов.

- Рис. 1. Отношения между размерами зерен и сечений зерен. Верхняя часть — образование сечений зерен разного размера из зерен постоянного размера, нижняя часть — образование сечений зерен одинакового размера из зерен разного размера.*
- Рис. 2. Схематическое изображение диспропорции между относительным количеством зерен разного размера в пространстве и в плоскости (см. текст).*
- Рис. 3. Кривые кумулятивной четности величин D_i , d_i кварцевых зерен в данной пробе горной породы. А — распределение размеров сечений зерен в аншлифе, В — вычисленное распределение размеров зерен в трехразмерной пробе горной породы. Обе исследуемые кривые распределения отличаются по ходу друг от друга только незначительно.*
- Рис. 4. Подобные кривые распределения как на рис. 3 у другой пробы горной породы, ход которых значительно отличается в области более тонких зерен.*
- Рис. 5. Подобные кривые распределения как на рис. 3, ход которых значительно отличается по всему исследуемому диапазону размера зерен.*
- Рис. 6. Отношение между величинами q_{25} , Q_{25} в оцениваемом комплексе горных пород.*
- Рис. 7. Отношение между величинами q_{50} , Q_{50} в оцениваемом комплексе горных пород.*
- Рис. 8. Отношение между величинами q_{75} , Q_{75} в оцениваемом комплексе горных пород.*
- Рис. 9. Отношение между величинами S , s в оцениваемом комплексе горных пород.*
- Рис. 10. Отношение между величинами S , s_{50} в оцениваемом комплексе горных пород.*

ASSESSING THE QUARTZ GRAIN SIZES
IN THREE-DIMENSIONAL STRUCTURES

Jan Vítek

Scientific and Research Institute of Coal, 716 07 Ostrava-Radvanice

The grain size distribution of particles dispersed in polymineral rocks is usually determined by measuring the cross sections of the particles on polished sections of the rock. However, the results obtained represent just a two-dimensional planar projection of the rock structure and not its actual three-dimensional structure.

If the particles have a spherical shape, their planar cross sections are circular. The cross section diameter is smaller than, or at the most equal to, the spherical particle diameter D and its size depends on the distance of the particle centre from the section plane. A particle D in diameter will therefore produce a section on a given plane only when the distance of its centre from the section plane is smaller than $D/2$. On a section plane having the surface area F there will therefore appear grain sections with diameters $d_i \leq D_i$ of all the grains of D_i diameters whose centres are situated in the volume $V_i = 2FD_i/2 = FD_i$ (both above and below the section plane) and similarly, sections with diameters $d_j \leq D_j$ of all the particles D_j in diameter, whose centres occur within the volume $V_j = FD_j$. The probability that a particle will appear as a cross section on a given plane is directly proportional to volume V , and if $D_i < D_j$, it holds true that $V_i < V_j$. The smaller a particle, the smaller the probability of its forming a cross section in a given plane. The representation of the smaller particles in planar sections is thus underestimated and that of the larger particles overestimated compared to the actual conditions in a three-dimensional specimen.

In order to eliminate the sources of errors mentioned above, a computer-based method was worked out. Using this method, an evaluation was made of 33 rock samples containing dispersed quartz particles. The investigation was concerned with the relationships between the particle size distribution and the section size distribution (Figs. 3 through 5) and with the relationships between some of the dispersity parameters of particle sets and the corresponding section sets (Figs. 6 through 10). The suggested method allows the computation algorithm to be adjusted to the properties of the diverse materials being evaluated, to the range of the respective sets of particles, and to the requirements concerning the reliability of the results.

- Fig. 1. Relationships between grain sizes and grain cross-section sizes. Top — formation of cross-sections of grains of various sizes from grains of a constant size, bottom — formation of cross-section of equal size from grains of various sizes.*
- Fig. 2. Schematic description of the disproportion between the relative representation of grains of various sizes in space and in a plane (cf. the text).*
- Fig. 3. Cumulative frequency curves of the D_i , d_i , values for quartz grains in the given rock specimen. A — cross-section size distribution of grains in a polished section, B — calculated grain size distribution in a three-dimensional rock specimen. The courses of the two distribution curves show a small difference.*
- Fig. 4. Similar distribution curves to those in Fig. 3 for another rock specimen; their courses differ significantly in the fine grain region.*
- Fig. 5. Distribution curves similar to those in Fig. 3; their courses show considerable differences throughout the grain size range investigated.*
- Fig. 6. Relationship between the values of q_{25} , Q_{25} for the set of rocks evaluated.*
- Fig. 7. Relationship between the values of q_{50} , Q_{50} for the set of rocks evaluated.*
- Fig. 8. Relationship between the values of q_{75} , Q_{75} for the set of rocks evaluated.*
- Fig. 9. Relationship between the values of S , s for the set of rocks evaluated.*
- Fig. 10. Relationship between the values of S , p_{50} for the set of rocks evaluated.*

PROCES MINERALOGY II: APPLICATION IN METALURGY, CERAMICS AND GEOLOGY. (Procesní mineralogie II: Aplikace v metalurgii, keramice a geologii). Red. Richard D. Hagni. Vydal The metallurgical society of AIME, Warrendale, USA 1982, 503 str.

Sborník shrnuje přednášky ze symposia o procesní mineralogii, konaného v Dallasu 14. až 18. 2. 1982.