

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

RNDr. Miroslava Gregerová, CSc.

PETROGRAFIE TECHNICKÝCH HMOT

Teze habilitační práce

Brno 2000

Obsah

PŘEDSTAVENÍ AUTORA.....	4
1 ÚVOD.....	6
2 PŘEHLED TECHNICKÝCH HMOT.....	6
3 SKLA.....	7
4 ŽÁROVZDORNÉ HMOTY.....	7
5 KERAMICKÉ HMOTY.....	7
5.1 PŘEHLED KERAMICKÝCH SUROVIN.....	7
5.2 STAVEBNÍ KERAMIKA.....	9
5.3 PÓROVINOVÉ VÝROBKY.....	10
5.4 ENGOBY, GLAZURY A SMALTY.....	10
6 MALTOVINY.....	10
6.1 BETONY.....	10
7 STRUSKY.....	11
8 POPELY.....	13
8.1 FLUIDNÍ POPÍLKY.....	13
8.2 ELEKTRÁRENSKÉ POPÍLKY.....	14
9 ANTROPOGENNÍ MINERÁLY.....	14
9.1 MINERÁLY KRYSTALIZUJÍCÍ Z VODNÝCH ROZTOKŮ.....	14
9.1.1 VZNIKLÝ SEKUNDÁRNÍ MINERÁL MÁ STEJNÉ CHEMICKÉ SLOŽENÍ JAKO MINERÁL PRIMÁRNÍ, KTERÝ SE VE VODĚ ROZPUSTIL.....	14
9.1.2 MINERÁL MÁ JINÉ SLOŽENÍ NEŽ LÁTKY, KTERÉ ROZPUŠTĚNÍM VE VODĚ POSKYTLY MATEČNÝ ROZTOK. 15	15
9.2 MINERÁLY - PRODUKTY ZVĚTRÁVÁNÍ (OXIDACE) ZEJMÉNA SULFIDICKÝCH RUD.....	15
9.3 MINERÁLY - PRODUKTY KAUSTICKÉ METAMORFÓZY.....	15
10 BIOGENNÍ MINERÁLY.....	15
11 PETRURGIE.....	16
11.1 PETROKRYSTONY.....	17
12 DRAHÉ KAMENY.....	17
13 UMĚLÉ DEKORAČNÍ HORNINY (DEKORAČNÍ KAMENY).....	18
14 ZÁVĚR.....	20
15 LITERATURA.....	21
16 ABSTRACT.....	23

Představení autora

Miroslava Gregerová se narodila dne 15.3. 1948 ve Velkém Třebešově, okr. Náchod. V r. 1972 absolvovala na Masarykově universitě v Brně obor geologie. V r. 1977 získala titul RNDr. a v r. 1992 ukončila vědeckou aspiranturu na Katedře mineralogie, petrografie a geochemie a získala titul CSc.

Od r. 1972 pracuje na katedře mineralogie, petrografie a geochemii Masarykovy university v Brně jako odborná asistentka.

Během své pedagogické činnosti se specializovala na mikroskopický a laboratorní výzkum minerálů a hornin a speciální optické metody včetně mikrostrukturní analýzy, dále na petrologii magmatických hornin a v posledních letech se výrazně orientovala na aplikovanou petrografii (petrografii a mineralogii technických hmot, petrografii a mineralogii pro archeology a na petrografii a životní prostředí především na degradaci přírodních hornin a stavebních materiálů). Vědeckovýzkumnou činnost orientovala na petrologii magmatických hornin, zejména na brněnskou jednotku. Výzkumu brněnského a dyjského masívu se věnoval více než 25 let.

Charakteristickým rysem její vědeckovýzkumné práce je, zejména v posledních deseti letech, orientace na aplikovaný výzkum a interdisciplinární přístup k řešené problematice s využitím moderních výzkumných metod.

Ve spolupráci s Archeologickým ústavem v Brně, Archeou, muzei v Ostravě, Opavě, Olomouci a Prostějově se podílí na dlouhodobém výzkumu tuhové a písčité historické keramiky a na využití mineralogických a petrografických metod při identifikaci jednotlivých stavebních fází historických objektů založených na analýze malt.

Dlouhodobě se zabývá otázkami konzervace a ochrany památek zhotovených z přírodních i umělých materiálů a vyhledáváním náhradních surovin pro rekonstrukci historických památkových objektů (např. katedrála sv. Petra a Pavla v Brně, kostel sv. Jakuba v Brně, románská rotunda Přemyslovské dynastie ve Znojmě). Spolupracuje s pracovníky Památkového úřadu v Brně a Praze, včetně Církevní památkové péče,

Spolu s pracovníky VUT Brno a ČVUT Praha studuje procesy degradace stavebního kamene, stavební keramiky a maltovin historických objektů v Praze - chrám sv. Víta, Karlův most, Perníkářka a na jiných historických objektech např. zámku v Kroměříži, Plumlově a Lednici.

V poslední době se spolupodílela na řešení sanačních prací areálu Zelená hora u Žďáru n. S., významné Santiniho památky, spadající do chráněného fondu UNESCO, románského kostela sv. Jakuba v Jakubu u Kutné Hory a zámku v Uherčicích u Znojma.

Protože se již v rámci diplomního úkolu orientovala na technickou mineralogii a petrografii, zaměřila se i na řešení některých dílčích problémů souvisejících např. se zvětváním cementových maltovin. Spolupracuje s řadou geologických firem např. Geotestem, Geobrikem, Mingeem a Geogasem. Spolupráce s danými institucemi jí umožňuje trvalý přístup k nově připravovaným geologickým a technickým dílům ať již podpovrchovým (tunely, přivaděče apod.), vrtným jádrům z geotechnických průzkumů či povrchovým pracím ražbám (silniční a dálniční zářezy).

Zabývala se problémem stability krápníkové výzdoby v podzemních prostorách Zbrašovských aragonitových jeskyní, a to v souvislosti se vznikem novotvořených minerálů.

V oblasti pedagogické i vědeckovýzkumné dlouhodobě spolupracuje s katedrou petrologie UK v Bratislavě.

K vědeckovýzkumnému zaměření petrografie a životní prostředí získala dva granty z MŽP.

Byla spoluřešitelkou grantu GAČR č. 103/93/1191 "Degradční procesy stavebních materiálů a konstrukcí způsobené klimatickými účinky a vlivy, důsledky pro snížení spolehlivosti staveb", řešeného ve spolupráci ČVUT Praha, VUT Brno a MU Brno, který byl úspěšně obhájeno v lednu 1996.

Od ledna 1999 je spoluřešitelkou grantů GAČR:

- " Zajištění spolehlivosti a životnosti staveb - ochrana a sanace stavebních materiálů a konstrukcí před účinky degradačních procesů", reg. pod č. 103/99/0941. Řešitel: prof. ing. J. Witzany, DrSc, ČVUT Praha, StF, Katedra konstrukcí pozemních staveb;

Od ledna 2000 je spoluřešitelkou grantu:

- „ Transport solí pórovou strukturou betonu a podmínky vzniku eflorescentů na jeho povrchu“ reg. pod č. 103/00/0607, řešitel: ing. K. Bauer, CSc., REAT, s.r.o. Praha;

Na základě žádosti ČVUT Praha je od 1.5. 1999 spoluřešitelkou dvou programových projektů Ministerstva kultury ČR:

- 31/1999/OPT „Monitorování Karlova mostu“ - Řešitel prof. ing. J. Witzany, DrSc, ČVUT Praha, Katedra konstrukcí pozemních staveb.
- spoluřešitel - 32/1999/OPT „Projekt distančního studia se zaměřením Památkář" - Řešitel: prof. ing. J. Witzany, DrSc, ČVUT Praha, Katedra konstrukcí pozemních staveb.

Je řešitelkou grantu Fondu rozvoje VŠ, přiznaného na r. 2000, registrovaného pod č. 953: „ Zřízení WWW serveru s elektronickými učebními texty oboru petrografie.

1 Úvod

Petrografie je vědní disciplína, která se zabývá studiem hornin (přírodních kamenů) skládajících zemskou kůru. Ve své podstatě je to empirická věda založená především na pozorování. Znaky jako barva, minerální složení, struktura a textura jsou studovány a používány jako základ pro rozčlenění palety v přírodě se vyskytujících hornin do skupin, kterým petrologové přiřazují názvy. Petrogenetické studie kombinují různé experimentální a teoretické postupy a používají induktivní a deduktivní zdůvodnění k vyslovení závěru o původu horniny a jejím vývoji v čase.

Výsledky tohoto studia se uplatňují v celé řadě průmyslových odvětví a naopak některé technologické procesy jsou aplikovatelné zpět na horniny zejména v oblasti teoretické, modelování petrologických procesů a experimentální petrologie. Proto byly zavedeny pojmy „aplikovaná petrografie a mineralogie a aplikovaná petrologie“.

V moderní době se aplikovaná petrologie a metody petrografického výzkumu stále významněji uplatňují ve výrobě a technice.

Podobně jako vznikly v přírodě, vznikají i minerály a horniny v průběhu současných průmyslových technologií. Průmysl produkuje celou řadu anorganických hmot a umělých kamenů, jimiž se zabývá aplikovaná petrologie. Tyto bývají označovány jako „technické horniny, technické hmoty, umělé kameny a pod.“ Z nich můžeme např. uvést různé strusky, vznikající jako odpadový materiál metalurgických procesů, výrobu skla, minerálních vláken a taveného čediče, maltoviny, keramiku všeho druhu a pod.

Metody studia technických hmot jsou stejné jako metody studia přírodních hornin. V cementářské praxi, při výpalu slínku, probíhají procesy analogické magmatické krystalizaci. S nimi se setkáváme i v oblasti petrurgie při výrobě rekrystalitů i při produkci strusek (Bárta, Andres 1954). Mohli bychom si uvést i celou řadu dalších příkladů, kdy petrologické studium technických hmot ovlivnilo názory na genezi a metodiku studia přírodních hornin.

Cílem předložené studie však není souhrn všech aspektů aplikačních možností, a to i přesto, že autorka má v této oblasti značné zkušenosti..

V předkládané práci si jako cíl stanovila ukázat hlavní směry a význam aplikované petrografie a využívání petrologických metod výzkumu ve sféře průmyslové především v úpravnictví, výrobě a výstavbě.

V práci podává přehled základních technických hmot, jejich geneze a minerálních asociací. Názorně dokládá možnost uplatnění petrografie a mineralogie nejen v technické sféře, ale i v litobiologii (Dubanský, Kočvora 1985).

2 Přehled technických hmot

Technické hmoty -“technické horniny“ se od přírodních hornin liší genezí a chemickým složením.

Jejich minerální složení a stavby jsou ovlivňovány teplotou vzniku, která je často vyšší než teplota vzniku přírodní horniny. Odlišné podmínky se odrážejí ve vzniku různých fází, krystalových struktur a modifikací, které jsou v přírodě vzácné nebo i zcela neznámé. Z křemene žárovým procesem vzniká tridymit a cristobalit, místo wollastonitu vzniká pseudowollastonit, nefelin je nahrazen karnegiitem, místo sillimanitu se setkáváme s mullitem atd. Řada minerálů přírodních a technických hornin může být strukturně i chemicky obdobná, často se avšak liší vnějším tvarem, který je ovlivněn odlišnou genezí (viz tab. 1).

Tab. 1 Vztah petrografických, genetických a strukturních typů hornin a vybraných technických produktů.

Petrografické, genetické a strukturní typy hornin	Technické produkty
Horniny magmatické	Strusky, tavené cementy, skla, tavený korund, tavené rekrytalinity, tavené horniny, umělé minerály.
Pneumatolytické horniny	Novotvořené minerály ve sklech a cihlách, rekuperátorů metalurgických pecí a tavných van, speciální glazury krystalické.
Zvláštní magmatické struktury	Skla, sférolity, flukтуаční struktury v částečně rekrystalovaných sklech, zonální dinas.
Uzavřeniny	Vměstky v oceli a další kovy, uzavřeniny ve skle
Sedimentární horniny	Betony různého typu, vápno-silikátové produkty, slévárenské písky, popílky, energosádrovce, maltoviny, umělé horniny, antropogenní minerály, biogenní minerály.
Metamorfované horniny	Dinas, šamot, cementářský slínek, porcelán, speciální keramické hmoty
Horniny kontaktní zóny	Zóny použitého dinasu a dalších žárovzdorných hmot (šamot, korund) při použití v pecích, sklářských vanách.

3 Skla

Sklo patří mezi nejdůležitější stavební materiály. Jeho používání se v posledních letech neustále rozšiřovalo, což souviselo s vývojem nových stavebních technologií. Sklo má řadu předností: mezi jeho výborné vlastnosti patří, že je průhledné, průsvitné, má velkou pevnost v tahu i tlaku, dobré izolační vlastnosti a pod.

4 Žárovzdorné hmoty

Žárovzdornost je vlastnost keramické látky odolávat vysokým teplotám (tj. nejméně 1500°C), měknutí, deformaci a tavení. Kromě žárovzdornosti se u těchto hmot sledují další vlastnosti nezbytné pro jejich použití. Jsou to: únosnost v žáru, objemová stálost při vyšších teplotách, odolnost vůči náhlým změnám teploty, odolnost proti korozi struskou a mechanická pevnost. Přehled běžných druhů žárovzdorných hmot, které jsou užívány v České republice je shrnut v tab. 2.

5 Keramické hmoty

Keramické hmoty jsou soudržné polykrystalické látky, popřípadě s obsahem skelné fáze, získané z anorganických nekovových látek (surovin), nejčastěji na bázi silikátů, zpracováním do požadovaného tvaru a vypálením výrobku v žáru. Během výpalu dojde slinováním ke zpevnění a vytvoření nové mikrostruktury a tím k získání požadovaných fyzikálních a chemických vlastností.

Vlastností keramického výrobku, nebo obecně keramického střepu, určuje jeho mikrostruktura, která rozhoduje o chování a tím i o použití výrobku.

5.1 Přehled keramických surovin

Keramické suroviny se obvykle rozdělují podle funkcí v keramické výrobě a také podle jejich základních vlastností (Konta 1982).

Tab. 2 Přehled běžných druhů žárovzdorných hmot, jejich složení a teplota použití.

Druhy žárovzdorných hmot	Výchozí suroviny	Minerální složky produktu	Chemický obsah hlavních surovin	Použití
Dinas vápenný (silika)	křemence, silicity + do 5% CaO	cristobalit, tridymit, wollastonit	nad 90% SiO ₂ pod 5% CaO	do 1710°C
Křemenné sklo	křemen žilný	amorfní SiO ₂	nad 99% SiO ₂	do 1710°C
Šamot křemenný	kaolin, jílovec, jíl, křemenný písek	mullit, cristobalit, tridymit, křemen	10-30% Al ₂ O ₃	do 1670°C
Šamot jílový (normální)	žárovzdorné jíly, jílovce	mullit	35-45% Al ₂ O ₃	do 1750°C
Šamot vysoce hlinitý	žárovzdorné jíly, jílovce, hydroxidy a oxidy Al, minerály Al ₂ SiO ₅	mullit, cristobalit, korund	45-60% Al ₂ O ₃ 60-75% Al ₂ O ₃ nad 75 % Al ₂ O ₃	do 1840°C do 1900°C do 1950°C
Mullit	hydroxidy a oxidy Al, sillimanit, andalusit, kyanit	mullit, cristobalit, korund	60-85% Al ₂ O ₃	do 1960°C
Korund	hydroxidy a oxidy Al	korund, mullit	nad 85% Al ₂ O ₃	do 1960°C
Magnezit (chrommagnesit) běžný spinelový	magnezit slinutý, magnezit-chromit + Fe ₂ O ₃ , SiO ₂ , Cr ₂ O ₃	periklas, periklas, spinel	nad 80% MgO 30-70% MgO 10-30% Cr ₂ O ₃	do 1700°C
Dolomit s vázaným CaO	dolomit	kalcium silikáty, periklas, CaO	kol. 40% CaO	do 1900°C
Dolomit s volným CaO (cementy)	dolomit, vápenec, křemelina, magnezit, krevel, žárovzdorný jíl	periklas, wollastonit, cristobalit, di-tri-kalcium silikáty	cca 35% MgO příměsí 15-25%	do 1780°C do 1900-2000°C
Chromitové	chromit	chromit	nad 80% Cr ₂ O ₃	do 2000°C
Karborundové (Si-karbidové) normální	karborundum	karbid křemíku	do 80% C	do 2200°C
Karborundové vysoce hodnotný (rekrytalovaný)	žárovzdorný jíl organické tmely	mullit, cristobalit	nad 80% C	do 1700°C
Uhlíkové keramické	grafit, žárovzdorné jíly	uhlík, mullit, cristobalit	30-80% C	do 1700-1900°C
Uhlíkové rekrytalované	grafit	uhlík	80-100% C	do 2500°C v redukčním prostředí
Uhlíkové kokové	kok	uhlík (mikroskopický)	nad 90% C	do 2500°C v atmosféře

Tab. 3 Rozdělení keramických surovin podle funkce v keramické výrobě:

Suroviny sloužící jako plnivo nebo ostřivo:	Jíly, oxid křemičitý a jiné žárovzdorné oxidy, uhlík a vzácnější žárovzdorné oxidy a další složky, oxidy CaO, MgO, TiO ₂ a zirkonia, dále diaspor, bauxit, cordierit, sillimanit, andalusit, kyanit, mullit, dumortierit, wollastonit, mastek, zirkon, forsterit, fluorit a některé vzácnější suroviny.
Suroviny sklotvorné nebo působící jako zdroj krystalických vazebných komponent:	SiO ₂ (hlavně jako křemenný písek a různé silicity ¹ , křemenné valouny a oblázky, pískovce, křemence, syntetický koloidní oxid křemičitý), oxid arsenitý, boritý, fosforečný, oxidy selenu a také bauxit, kyanit, sillimanit, andalusit, dumortierit.
Suroviny užívané jako taviva:	Suroviny obsahující prvky jako je lithium, Na, K, Ca, Mg, Fe, Pb, suroviny obsahující kyselinotvorné prvky F a B. Největší objem těchto surovin představují živce a nefelin, s nimi se uplatňuje soda, potaž, vápenec, dolomit, borax a další boritany, vzácně spodumen aj.

¹ k silicityům patří diatomit, radiolarit, spongilit, různé křemičité rohovce.

Suroviny dodávající výrobkům specifické vlastnosti:	Jako např. barvu, strukturu, izolační vlastnosti, zpracovatelnost, citlivost na světlo, vodivost, tmelotvorné vlastnosti.
Barevné pigmenty	Různé anorganické chemikálie.
Pro ovlivnění struktury a izolačních vlastností:	Křemenný písek a kalcinovaný jíl (šamot) pro zhrubnutí povrchu výrobku, glazury a smalty slouží naopak k získání hladkého povrchu, pro vyvolání pórovité nebo vesikulární textury - nezpevněný diatomit a plynotvorné minerály a horniny např. břidlice obsahující síru nebo fluor, fluorit, sádrovec, fluorokřemičitan sodný, ale také piliny, ořechové slupky, tráva, cukrová třtina a hořlavé odpady mohou sloužit k vyvolání pórovité nebo vesikulární textury po jejich spálení.
Pro snazší zpracovatelnost:	Některé výrobky o vysokém obsahu oxidu hlinitého, keramikovy tj. kombinace kovu s keramickou hmotou, které se zpracovatelností blíží vlastnostem kovů: keramikovy obsahují např. Ni, Cr, Sn a keramickou složku často tvoří Al_2O_3 , Cr_2O_3 , NiO_2 .
Pro zmírnění nebezpečného záření:	Oxidy, karbidy, nitridy, boridy uranu, thoria, titanu, vanadu, niobu, tantalu, molybdenu, wolframu, beryl a BeO_2 , grafit nebo pyrolytický uhlík.
Pro jiné ochranné účely	Hutný beton, baryt, olovnaté sklo, sloučeniny hafnia bóru, gadolinia.
Pro výrobu cementu a maltovin:	Vápence, slíny, jílovité vápence, sádrovec, sádra, vulkanoklastika bohatá oxidem křemičitým.
Pro materiály citlivé na světlo:	CdS, AgCl.
Jako dielektrické materiály	Mastek, forsterit, syntetický titanát barnatý. Niobát olovnatý a směsi.
Suroviny sloužící jako pomocné prostředky při výrobě:	Voda, oleje, organická pojiva, vazný jíl, bentonit, škrob, piliny a jiné hořlavé materiály, textil a papírové modely, sádra, kliš, dispergační elektrolyty, vosky, mazací prostředky, barviva, pórovinové jíly („ball clays“) jako plastifikátory a podporující litelnost koncentrovaných keramických suspenzí.
Suroviny umožňující vytvořit žádoucí podmínky při výrobě:	Atmosféra v peci vyvolaná spalováním uhlovodíků (zemní plyn topná nafta, uhlí) ve směsi se vzduchem, redukční atmosféra vyvolaná redukcí příslušného obsahu vzduchu spalováním organických látek (např. uhlí, mokré trávy nebo slámy, nepotřebné gummy, např. pneumatik, odštířky nebo piliny zinku, dřevěné piliny hoblíny), inertní atmosféra zavedením dusíku, helia, neonu, oxidu uhličitého. Vháněná pára podporuje tavení silikátů. Sodné glazury lze také získat působením par chloridu sodného v atmosféře pece.
Suroviny poskytující zajímavou druhou funkci vedle funkce podstatné:	V případech kdy vedlejší funkce překrývá běžnou hlavní funkci, např. schopnost jílu usnadňovat vitrifikaci, nebo žádoucí přírodní zbarvení některých jíků, nebo vlastnost expandovat během rychlého pálení některých jíků (napuchnutí) se hodnotí jako vlastnost významnější než je žárovzdornost nebo plastičnost.

Rozdělení keramických surovin podle jejich základních vlastností:

Suroviny pro hmoty:	Plastické suroviny:	Kaolín, jíl, bentonit, bauxit.
	Neplastické suroviny:	Živec, křemen a kvarcit, vápenec, dolomit, magnezit, fosforečnan vápenatý, mastek, serpentín, sádrovec.
	Suroviny pro speciální žárovzdorné hmoty:	Karbid křemíku, korund, oxid zirkoničitý, oxid hořečnatý, oxid thoričitý, nitridy a karbidy.
Suroviny pro glazury:	Suroviny působící jako taviva:	Kyselina boritá, uhličitán sodný, uhličitán draselný, sloučeniny lithia, uhličitán barnatý, uhličitán olovnatý, uhličitán vápenatý, oxid olovnatý, sulfid olovnatý, silikáty olova, dusičnan draselný, oxid titaničitý, fluoridy, oxid zinečnatý.
	Suroviny vyvolávající zákal:	Oxid cíničitý, oxid zirkoničitý, oxid ceričitý.
	Suroviny využívané jako barvicí substance:	Sloučeniny kobaltu, mědi, olova, kadmia, manganu, niklu, uranu, chromu, železa, titanu, zlata a stříbra.

5.2 Stavební keramika

Do skupiny stavební keramiky pak patří: výrobky cihlářské,

- výrobky žárovzdorné²,
- výrobky z kameniny,
- část výrobků z póroviny a porcelánu,
- keramické izolace.

5.3 Pórovinové výrobky

Pórovinou se souhrnně označují keramické výrobky jejichž vypálený stěp je středně až jemně zrnitý, pórovitý, s nasákavostí podle hmotnosti nad 5 %. Patří sem: hrnčířské výrobky, kachle, terakota, fajáns, majolika a bělnina

5.4 Engoby, glazury a smalty

Engoba (nástřepí, někdy nevhodně označovaná jako potah) je tenký, na rozdíl od glazury nezesklovatěný povlak jímž se opatřuje povrch zboží. Engobuje se buď celý povrch nebo pouze jeho část (nejčastěji lícová plocha). Účelem engobování je zastření nepěkného zbarvení výrobku pěknou a záměrně volenou barvou engoby. V současné době se engobuje zejména pálená krytina.

Tab. 4 Teploty výpalu uváděné pro současné výrobky (Konta 1982).

	Teplota slinutí bez jakékoliv známky deformace
Tvrký porcelán	1410°C
Sanitní keramika a užitková keramika	1250-1280°C
Teplota slinutí jílu a jílovců	1250,1350,1410°C
Kameninové jíly a hlíny (kameninové jíly a hlíny obsahují illit a smíšené struktury illit-montmorillonit)	1120-1280°C
Hrnčířské jíly a hlíny	1000-1100°C
Červené barvy	Pouze při teplotě 960°C, při teplotě 1080°C stěp měkne (začíná tání).

6 Maltoviny

Maltoviny jsou anorganické látky nekovové povahy získané ze vhodných surovin, které po tepelném zpracování a úpravě mají schopnost po rozdělení s potřebným množstvím vody tvořit plastickou, dobře zpracovatelnou hmotu. Tuhnou a tvrdnou na vzduchu popř. i pod vodou v látku velmi podobnou zpevněné sedimentární hornině.

Maltoviny se dělí na :

- *vzdušné maltoviny - netuhnou pod vodou, nemají dostatečnou stálost ve vodě. Produkty z nich zhotovené jsou však stále na vzduchu. K nim patří vzdušné vápno, maltoviny na základě síranu vápenatého (sádry), Sorrelova hořečnatá maltovina a další jako jsou např. maltoviny kyselinovzdorné, ohnivzdorné a pod.*
- *hydraulické maltoviny tuhnou jak na vzduchu, tak pod vodou - dávají výrobky pevné a stále v obou prostředích. Patří k nim zejména hydraulická vápna a cementové výrobky.*

6.1 Betony

Betony jsou pevné umělé kameny, které mají makroskopicky nejčastěji vzhled nevytříděných pševitů až hrubě zrnitých psamitů. Připravují se z kameniva (písku, šterku) a pojiva (cementu a

² ohnivzdorná keramika je diskutována v kap. 4 a kap. 12.

vody). Cement po smíšení s vodou ztvrdne – přemění se v pevnou pojivovou hmotu. Celek má vlastnosti dobrého kamene. Makroskopicky bývají bělošedé, šedé, tmavě šedé, šedo hnědé až šedočerné. Obvykle jsou porézní, velmi houževnaté. Porosita se pohybuje mezi 2-10%.

Betony mají řadu výhodných vlastností, díky kterým se za více než 100 let své existence značně rozšířily a staly se jedněmi z nejužívanějších stavebních hmot.

Jsou to zejména:

- Vysoká pevnost v tlaku, trvanlivost, tvrdost, ohnivzdornost a vodotěsnost;
- ve spojení s ocelovou výztuží z nich lze zhotovit konstrukce namáhané ohybem;
- umožňují zhotovovat konstrukce různých tvarů i velkých stavebních prvků;
- jejich výroba je levná;
- nevyžadují náročnou údržbu, jsou relativně odolné vůči vlivu okolní atmosféry.

Určitou nevýhodou betonů je jejich značná objemová hmotnost, nesnadná opracovatelnost, velká tepelná a zvuková vodivost.

Betony se rozdělují:

Podle toho zda jsou vyztužené nebo nevyztužené (beton prostý a železobeton).

Podle objemové hmotnosti:

- těžký beton – obj. hmotnost 2600-3500kg/m³;
- obyčejný beton – obj. hmotnost 2200-2600kg/m³;
- lehký beton – obj. hmotnost 300-1800kg/m³.

Podle konsistence (hustoty) čerstvé betonové směsi rozlišujeme zavlhlý beton, plastický (měkký beton) a tekutý beton.

Podle způsobu zpracování (zhuňování) rozeznáváme beton dusaný, vibrovaný, litý, vakuovaný, stříkaný, sypaný, propařovaný apod.

Podle způsobu tuhnutí a tvrdnutí:

- beton tvrdnoucí a tuhnoucí při normální teplotě prostředí;
- beton, jehož tuhnutí a tvrdnutí je urychleno pařením.

Podle účelu a druhu konstrukce:

- výplňový beton;
- podkladní beton;
- beton pro konstrukce.

Z hlediska petrografického a minerálního můžeme pak optickými metodami v jednotlivých betonech identifikovat hydratované slínkové minerály, mikritový až sparitový karbonát, portlandit, tmavou a světlou mezerní fázi a téměř ve všech (od těch nejstarších po nejmladší) nalezneme reliktové slínkové minerály (Gregerová 1994).

Degradace betonů se velmi často projevuje ve změně minerálního složení. Objevují se minerály, které jsou v betonu ojedinělé nebo se v nich nevyskytují. Jsou to zejména vyšší podíl ettringitu (obr. 1, 2), thaumasitu (obr. 3), sádrovce a dalších, jim podobných, minerálů.

Rovněž tak rekrystalizace mikritového karbonátu (proces karbonatace) ve sparitový vede k patologické změně betonu obr. 4.

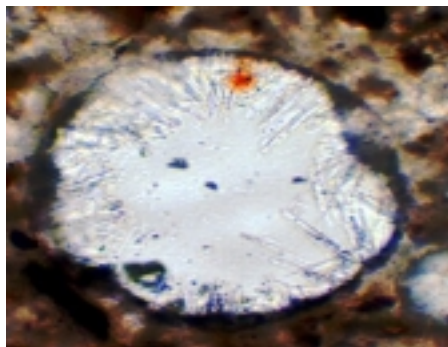
7 Strusky

Z petrografického a mineralogického hlediska patří strusky mezi nejzajímavější objekty studia v oblasti technických hornin. Nejlépe známé jsou strusky vysokopecní.

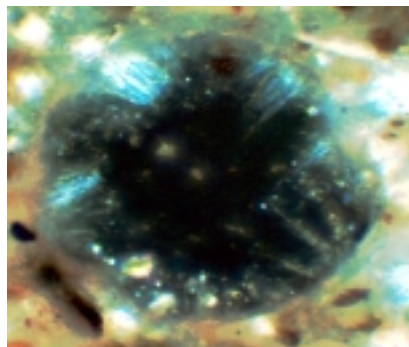
Vysokopecní strusky se stávají významným konkurentem přírodního kameniva, a to jak v průmyslu stavebních hmot, tak i v řadě dalších průmyslových odvětví. Průmysl kamene by tedy mohl právem vidět ve struskách jednoho z hlavních nepřátel.

Při výrobě surového železa vsádka obsahuje kromě železné rudy i další příměsi, z nichž některé silně zhoršují kvalitu surového železa. Proto se do vsádky přidávají struskotvorné přísady, a to

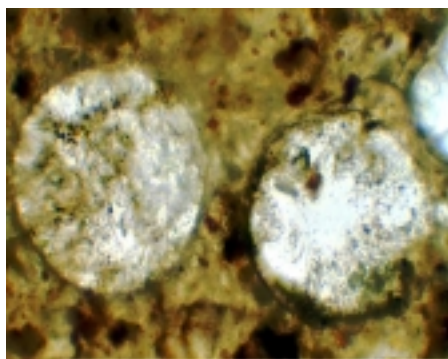
zejména křemenný písek, vápenec a dolomit. Při teplotách pohybujících se zhruba kolem 1800°C se ze složek hlušiny vytvářejí, spolu s anorganickými složkami paliva, vápencem nebo dolomitem lehce tavitelné složky - alumináty a silikáty vápenaté a hořečnaté (obr. 5, obr. 6) Vápence se nepřidávají tehdy, pokud ruda sama o sobě obsahuje dostatečný podíl karbonátových minerálů jako je tomu v případě tzv. lotrinské minety.



Obr. 1 Krystaly ettringitu v pórovém systému betonu. IN, zvětš. 250x. Foto M. Gregerová.



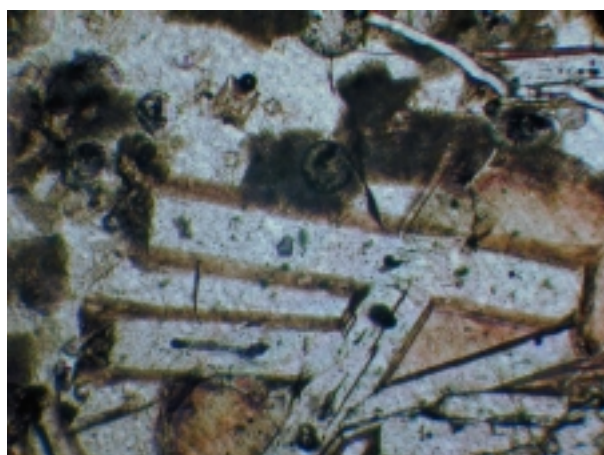
Obr. 2 Krystaly ettringitu v pórovém systému betonu. XN, zvětš. 250x. Foto M. Gregerová.



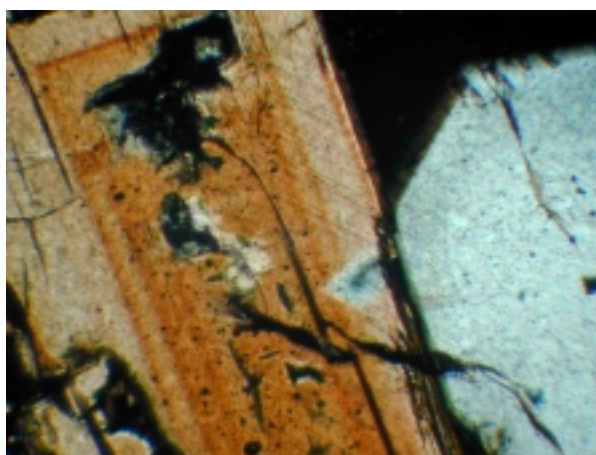
Obr. 3 Krystaly thaumasitu v pórovém systému betonu. IN, zvětšeno 250x. Foto M. Gregerová.



Obr. 4 Vznik kalcitu rekystalizací hydratovaných forem slídkových minerálů na hranici s bazaltem. XN, zvětšeno 50x. Foto M. Gregerová.



Obr. 5 Krystaly akermanitu v granulované strusce z Nové huti. IN, zvětš. 4541x. Foto M. Gregerová.



Obr. 6 Krystal akermanitu v granulované strusce z Nové huti. Detail, XN, zvětš. 100x. Foto M. Gregerová.

Struska má nižší specifickou hmotnost než tavený kov a proto „plave“, nad taveninou kovu a chrání ji před oxidací.

Můžeme říci, že strusky vznikající při hutnění rud nebo tavení železa jsou „tavenými kameny“.

Jejich objem bývá značný. Podle Vachtla (1946) se při výrobě 1 tuny surového železa vytvoří zhruba stejná hmotnost strusky tj. cca 0,8-1,1 tuny. Rudy, které obsahují méně Fe, poskytují strusky více.

Strusky vznikající utuhnutím alumosilikátové taveniny mají velmi často stavby podobné vulkanickým horninám. Jsou sklovité se zárodky krystalů a reliktními minerály, pokud mají dostatek času .

Pokud bychom hledali mezi přírodními horninami horninu podobnou vysokopecním struskám, pak nejvíce se jim blíží bazické vyvřeliny (peridotity, bazalty, pikrity a pod.).

Obsah oxidů CaO+MgO v nich nepřesahuje 15-28%, oproti tomu obsah SiO₂ bývá vždy zpravidla vyšší než 30%. Vedle toho např. u bazaltů bývá vyšší obsah oxidů Fe (8-15%), u strusek má být naopak obsah oxidů železa co nejmenší. Podstatný rozdíl je i v obsahu alkálií (Na₂O a K₂O) Např. u bazaltu (podle geneze) se pohybuje mezi 3-6%, ve struskách však nemusí být oxidy alkalických kovů přítomny vůbec. Stejně tak jako ve struskách (opět v porovnání s bazalty) není přítomna H₂O.

Pokud bychom srovnávali chemické složení umělých strusek a přírodních tufů, vulkanických skel a extruziv pak lze říci, že nejvíce se blíží kyselým struskám alnöt (hornina bez živců, popsána v Norsku u Alnö).

Pro bazické strusky bychom však marně hledali obdobnou přírodní horninu. Zjistíme, že člověku se vlastně podařilo uměle připravit z "tavených" hornin tu nejvíce bazickou.

8 Popely

Popely jsou kamenouhelné, hnědouhelné, tavené nebo roštové, ze spaloven, popílek z tepelných elektráren apod. Uplatnění popelů je závislé na jejich minerálním a chemickém složení. Např. popílky, odpad z tepelných elektráren a tepláren, jsou díky značné hydraulické aktivitě použitelné pro výrobu cementu.

Vlastnosti popelů a jejich minerální složení jsou ovlivněné:

- původem uhlí,
- způsobem a podmínkami spalování.

Spalované uhlí se rozděluje do několika skupin:

- černé uhlí z ostravsko-karvinského revíru,
- černé uhlí z Kladna, Plzně, Trutnova, Rosice-Oslavany (skončila těžba v r. 1995),
- hnědé uhlí ze severočeského revíru,
- hnědé uhlí ze sokolovského revíru,
- lignity.

Mezi popelovými frakcemi se v poslední době rozlišují tzv. fluidní a elektrárenské popílky.

8.1 Fluidní popílky.

V současné době je snaha spalovat tuhá paliva za přítomnosti sorbetů, které se přidávají k jemně mletému palivu. Sorbet, kterým je nejčastěji jemně mletý uhličitán vápenatý, reaguje s oxidem siřičitým. Vzniklé popílky pak obsahují 5-18% anhydritu a mají vyšší obsah CaO. Tyto popílky za vhodných okolností mohou zcela nahrazovat pojivo.

Úlety z cementářských pecí jsou tvořeny velmi jemnými částicemi. Svým složením stojí mezi cementářskou surovinou a portlandským slínkem. Lze je užít jako méně kvalitní pojivo. Z hlediska pojivového jsou velmi zajímavé úlety z cementářských mlýnů, které jsou velmi jemné a mají složení cementu. Tyto úlety jsou výborným pojivem.

8.2 Elektrárenské popílky.

Elektrárenský popílek vzniká spalováním práškovitého, obvykle méně kvalitního uhlí. Z proudu kouřových plynů je oddělován elektrostatickými filtry. Udává se, že těchto popílků vzniká ve světovém měřítku obrovské množství přibližně přes 350 mil. tun ročně.

Obvykle je tento popílek složen z 60-80% částic alumosilikátového a ferroaluminátového skla, amorfních částic, mullitu, částic křemene a nevyhořelého paliva.

Elektrárenské popílky obsahují málo CaO a MgO, převážná část je tvořena SiO₂, Al₂O₃ a Fe₂O₃. Typické popílky obsahují 40-70% SiO₂, 2-50% Fe₂O₃ a 0,5-30% CaO.

9 Antropogenní minerály

Činností člověka se vytvořily v přírodě podmínky pro vznik minerálních asociací, které jsou často svým chemismem a genezí specifické. Vytvářejí se v procesech obvykle označovaných jako technogeneze. Jde zejména o pochody, které byly alespoň částečně vyvolány těžbou nerostných surovin, v menší míře stavebními pracemi, technologií výroby a pod. Ale technogeneze nezahrnuje veškerou antropogenní oblast, zejména se nepřihlíží k biogenním pochodům, které probíhají v návaznosti na lidskou činnost. Také jde o lidský organismus ve kterém se mohou vytvářet např. močové, ledvinové a žlučové kameny (Dubanský 1989).

Jestliže budeme chápat antropogenní zónu v takto širokém pojetí, dostáváme se k základnímu problému: co vlastně lze považovat za minerál a co je průmyslový výrobek (odpad), nebo co je žádoucí zařadit jako součást živého organismu. Lze považovat za karbonátový pískovec kalcifikovaný písek plynových zásobníků? Jednoznačnou odpověď si zatím nedáme, protože tato by vyvolala celou řadu protichůdných diskusí.

Současně si však všimněme, že není jasná ani hranice mezi technogenetickými minerály a dalšími produkty vznikajícími v závislosti např. na hornických pracích. Např. vyredukované povlaky elementární mědi na metalických sulfidech, vzniklých jako důsledek působení odpadních vod obsahujících Cu²⁺ (v dobývkách měděných rud) se běžně považují za minerál. V porovnání s tím, měděné povlaky na výztužích důlních chodeb, nikdo za minerály nepovažuje.

Aby bylo možné se seznámit alespoň s hlavními typy antropogenních minerálů, je potřebné provést jejich rozdělení. Za nejvhodnější kritérium se považují podmínky jejich vzniku a chemismus. Rozlišují se čtyři hlavní genetické skupiny. Dále uváděný přehled je nekonvenční a klade si za cíl pouze přiblížit rozmanitost této oblasti geochemie a mineralogie.

9.1 Minerály krystalizující z vodných roztoků

9.1.1 Vzniklý sekundární minerál má stejné chemické složení jako minerál primární, který se ve vodě rozpustil.

Typickým příkladem je sůl kamenná (nach) a další halovce. Recentně tvoří bohatou krápníkovou výzdobu nebo krystalické agregáty na stěnách a výdřevě v solných dolech. Známé jsou z dolu Leopold, kde se vyčerpávala solanka pro Solivar u Prešova (Slovensko). Do této skupiny lze dále zařadit i vznik vápencových krápníků v důlních a stavebních dílech, pokud se vytvoří stejnou cestou jako běžně známá krasová jeskynní výzdoba. V tomto případě však nejde již jen o pouhý proces rekrystalizace, ale uplatňuje se i vliv pH.

9.1.2 Minerál má jiné složení než látky, které rozpuštěním ve vodě poskytly matečný roztok.

Jde o početnou skupinu tvořenou jednoduchými nebo složitými, převážně krystalickými iontovými sloučeninami. Tyto tvoří obvykle směsné agregáty pestrých barev. Převážně jde o sulfáty, vzácněji fosfáty, karbonáty, halogenidy a další. Z kationů se v nich uplatňují Fe^{2+} , Fe^{3+} , Ca^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Na^+ , K^+ , Al^{3+} atd., podle látkového složení roztoků a termodynamických podmínek. Geneticky jsou blízké k předchozí skupině.

9.2 Minerály - produkty zvětrávání (oxidace) zejména sulfidických rud

Jde o nejpočetnější minerální asociaci. Jejich vznik je podmíněn vlhkým prostředím a vzdušným kyslíkem. Vedle oxidace sulfidické síry na sulfátovou dochází k řadě dalších reakcí, při nichž se oxiduje Fe^{2+} na Fe^{3+} , As^{3+} na As^{5+} , Sb^{3+} na Sb^{5+} , Mn^{2+} na Mn^{3+} nebo Mn^{4+} , Cu^+ na Cu^{2+} atd., podle složení rudních těles. Z anionů se ve finálních produktech uplatňují vedle sulfátů také karbonáty, silikáty, fosfáty, arzeničnany, antimoničnany, hydroxidy, halogenidy a pod. Důležitou úlohu zde obvykle hraje volná kyselina sírová, která vzniká při oxidaci Fe-kyzů a dalších sulfidických minerálů (agresivně napadá okolní horniny). Protože v horninách jsou velmi běžné minerály obsahující Ca, vzniká touto cestou často sádrovec.

Charakter technogenetických minerálních asociací oxidační zóny je v zásadě dán třemi skupinami faktorů:

- regionální faktory, jejichž vliv je stejný pro všechna ložiska dané oblasti, případně se jedná o jev obecný,
- lokální faktory, které ovlivňují průběh oxidace sulfidických (nebo jiných) minerálů jen na určitém ložisku, nebo jen v jeho části,
- technické faktory, které se projevují v určitém překopu, jámě, štole apod.

9.3 Minerály - produkty kaustické metamorfózy

Kaustická přeměna se často týká důlních požárů nejen v uhelných a v rudných dobovkách, ale i ohňů vznikajících na odvalech, skládkách a pod. V uhelných dolech se uplatňuje převážně oxidace Fe-kyzů (pyrit, markazit), výjimečně jiných sulfidických minerálů, tvořících obvykle konkrce (tzv. mikrokonkrce) nebo žilné impregnace v uhlonosných sedimentech. Uvolněné reakční teplo při rozkladu Fe-disulfidů by však nestačilo na samovznícení uhelné substance. Jinak se však jeví vliv pyrit-markazitové mineralizace v uhlí, uvažujeme-li za oxidační meziproduct okysličení kyzů pyroforické suboxydy železa, které byly pozorovány při vzniku záparu. Tyto nestabilní, spontánně se oxidující látky jsou pravděpodobně hlavním iniciátorem důlních požárů. Kaustické zplodiny přeměn matečných hornin mohou být geneticky značně rozdílné. Vznikají „vypálené“ horniny, které jsou prakticky shodné s popely a struskami, jak je známe z hutních a koksárenských procesů. Jindy se vypálením jílových minerálů tvoří porcelanity. Ze sideritu, hematitu a Fe-kyzů jako finální produkt vzniká magnetit a pod. Další skupinu produktů tvoří organické látky, převážně dehtového charakteru, asfaltéry atd., které se vytvářejí při tepelné přeměně uhlí podobně jako při průmyslové výrobě v petrochemických závodech.

10 Biogenní minerály

Produkty biosféry se mezi minerály zařazují jen ojediněle a zpravidla tehdy, jsou-li svým chemismem blízké minerálům vznikajícím v přírodě i mimo antropogenní oblast. Mohou to být fosfáty vivianit, kolofan a whewellit vznikající v rašeliništích, nebo ty, které se vytvářejí z

netopýřích nebo ptačích guán v jeskyních a které jsou označovány mineralogickými názvy, nenáležejí-li k fekalickým produktům v zemědělství (např. brushit³). Do této skupiny by bylo možno zařadit např. i dříve tak vyhledávaný salnitř (ledek, sanytr) pro výrobu střelného prachu. Sběr salnitru z chlévů jako produkt dobytčí moče vedl v 16. století ke vzniku řemeslné profese - salnitřářů.

Jiným případem je vznik novotvořených biogenních minerálů v keramických střepech uložených v žumpách. Zde vznikají např. vivanit, kryptokrystalický kolofan a vláknitý až vláskovitý whewellit.

Závěrem se zmiňme o nedávno vzniklém odvětví - biolitologii (Dubanský, Kočvora 1985), která se zabývá močovými kameny popřípadě dalšími konkrementy vytvářejícími se v lidském těle.

Tvorbu močových kamenů způsobuje onemocnění zvané urolitiáza, která je onemocněním značně rozšířeným (v České republice bývá podchyceno ročně až 15 tisíc případů).

Sledování chemismu, struktury a textury močových a ledvinových kamenů je z hlediska etiopatogeneze urolitiázy jednou z cest jak získat podklady pro preventivní léčbu.

11 Petrurgie

Petrurgie je samostatným a ojedinělým oborem aplikované petrografie, je to nauka o tavených horninách (Konta 1953). Ač je to svým způsobem nelogické jde o výrobu tavených hornin z přírodních hornin metalurgickým procesem. V průběhu vývoje petrurgie se postupně vyzkoušely různé horniny - bazalty, těšínity, gabra, amfibolity, aktinolitové horniny, ale i kyselejší horniny. Nečastější je tavení bazaltových hornin vhodného složení. Jejich roztavením a odlitím výrobku započne nejdůležitější fáze, tzv. rekrystalizační období v přiměřeně temperované peci.

Výrobky z taveného čediče patří do oblasti technického skla, i když snaha výrobce je dosáhnout minimálního odskelnění, nebo přesněji krystalizace nových minerálních fází.

Řízení rekrystalizace skelné fáze má zásadní důležitost k dosažení dobrých a požadovaných vlastností výrobku. Výsledky rekrystalizace však nejsou dosud dořešeny. Srovnáváním výchozí horniny a špatně rekrystalované tavené horniny zjistíme, že např. v taveném bazaltu převládá skelná fáze, která kvalitu produktu snižuje a že rekrystalizace prakticky neproběhla. Ve skelné základní hmotě „plavou“ někdy reliktní olivíny, které bývají slabě „magmaticky (vhodněji taveninově)“ korodovány. Setkáváme se zde i s problémem povrchové rekrystalizace a jejího zjemnění, kterého lze dosáhnout např. přidávkem TiO_2 nebo MnO_2 (Neužil 1978). Obsahuje-li bazaltová hornina vyrostlice olivínu blízké fayalitu, je jeho protavení snazší (teplota tání fayalitu $1200^\circ C$). Obtížně tavitelný forsteritový olivín má teplotu tání o $400^\circ C$ vyšší, neboť reprezentuje hořečnato-silikátovou žárovzdornou hmotu. V poslední době se v zahraničí přechází i na jiné horniny, jejichž kinetika krystalizace je příznivá, a to buď pro nedostatek olivínových bazaltů, nebo se zpracovávají skrývkové nebo průmyslové odpady (metabazalty, amfibolity, strusky, kyselejší horniny upravené příměsí bazické složky). Předpokladem je zvládnutí procesu nukleace a řízení krystalizace. Z požadavků na suroviny pro petrurgický průmysl lze podle Voldána (1955a) uvést:

- Hornina musí být homogenní, nesmí obsahovat cizí příměsi (xenolity), musí být dostupná a čerstvá,

³ Vodnatý kyselý fosforečnan vápenatý - vzniká i druhotnou krystalizací v lidských a zvířecích kostech.

- snadno tavitelná, v dostupných teplotách do 1300-1400°C. Tavitelnost souvisí s přítomnými druhy krystalů a tím i s chemickým složením. Dále s velikostí krystalů (nežádoucí jsou zejména vyrostlice) má být stejnoměrně zrnitá, co nejmenšího zrna,
- viskozita taveniny musí být v provozních podmínkách nízká (zejména při teplotách 1100-800°C), aby se tavenina snadno homogenizovala, dobře vyčeřila a dobře odlévala. Viskozita taveniny v uvedené teplotní oblasti, i v následující oblasti (800-650°C), je jedním z nejdůležitějších činitelů ovlivňujících odmíšení některých fází a krystalizaci (Exner, Voldán 1981),
- tuhnutí taveniny má mít dostatečnou krystalizační schopnost (schopnost nukleace a příznivou kinetiku krystalizace), struktura má být co nejjemněji zrnitá. Během krystalizace se nesmí odlitek deformovat,
- hotový výrobek po vychlazení nesmí praskat, rekrystalovaná hmota má mít požadované mechanické a chemické vlastnosti (musí být oděru vzdorná, mechanicky pevná, chemicky odolná).

V České republice byla petrologie orientována i na výrobu skleněných vláken a minerální vlny. Tyto se vyrábějí nejen z roztaveného čediče, ale i z jiných výlevných a metamorfovaných hornin (amfibolity). Také sedimentární horniny, zejména slínovce, „opuky“, vápence a dolomity slouží jako korekční suroviny při výrobě čedičových nebo amfibolových skelných vláken (Polášková, Grenar, Krutský 1981). Jako korekční suroviny se uplatňují i strusky.

11.1 Petrokrystony

Podle Voldána (1979) jsou petrokrystony směsné tavené horniny vyrobené na bázi granitu, fonolitu, nefelínového syenitu, trachytu, granulitu nebo kaolinu a dalších hornin s korekčními přísadami dolomitu, vápence, mastku a s vhodnými nukleačními přísadami z nichž krystalizují pyroxeny blízké diopsidu. Na rozdíl od černé barvy výrobků z taveného bazaltu jsou petrokrystony šedé až téměř bílé barvy s namodralým nebo nazelenalým odstínem. Vzhledem k jejich kyselejšímu složení a zvýšené chemické odolnosti vůči kyselinám lze petrokrystonů použít v chemicky agresivnějším prostředí. Také jejich mechanická pevnost je vyšší než u výrobků z taveného bazaltu.

12 Drahé kameny

Napodobování minerálů a hornin je známé již od nejstarších dob. Bylo zcela samozřejmé, že k napodobování lákaly nejdříve drahé kameny. Vynalézavost a nepoctivost obchodníků s drahými kameny se traduje již ve starém Orientu, Indii, v Barmě a na Cejlonu a setrvává dodnes.

Až do objevení drahokamových variet syntetických kamenů byly nejběžnější napodobeninou drahého kamene skla. Vyspělá sklářská technika dovede dát sklu nejen odpovídající vysoký světelný lom, ale umí jej zabarvit barevně a v požadovaném odstínu.

V následující tab. 5 je uveden přehled nejznámějších syntetických minerálů, jejich základní vlastnosti a uplatnění, v tab. 6 pak charakteristické vlastnosti diamantu a jeho syntetických náhrad.

Česká republika zaujímá jedno z předních míst na světě ve výrobě syntetického oxidu titaničitého - rutilu, jehož lesk převyšuje lesk diamantu. Poprvé byl připraven v r. 1942 Přistoupilem.

Tab. 5 Přehled syntetických minerálů a jejich praktické využití.

Minerál	Vlastnost	Uplatnění
Diamant (25% syntetický)	Tvrlost	Obráběcí nástroj, brusné a řezací kotouče, soustružnické diamantové nože, diamantové vrtací korunky, pro řezání skla, diamantové prášky (leštění, broušení), přístroje pro měření tvrdosti všech ostatních hmot, klenotnictví atd.
Korund	Tvrlost, mechanická a chemická houževnatost, velmi malá roztaživost, pružnost a vysoká teplota tání	Výroba ložisek (hodinková ložiska, kompas, přesné váhy), gramofonové jehly Brusiva, smirky, leštivo
Granát	Tvrlost	Laserová technika (YAG – ytrium-aluminium garnet), do ložisek jemných přístrojů brusiva, leštivo, granátové látky a papíry
Chalcedon, achát	Tvrlost, chemická odolnost	Břity do vah a dalších měřících přístrojů, třecí misky tloučky a další zařízení na drčení a práškování měkčích kamenů. pro svou chemickou odolnost jsou vhodné do přístrojů potravinářského průmyslu, zejména v mlékařství.
Křemen	Pružnost Mletý	Speciální křemenná vlákna např. v torzních vahách. Průmysl sklářský a keramický
Křišťál	Optické vlastnosti	Křemenné filtry, optické hranoly, čočky,
Topaz, fluorit	Optické vlastnosti	Speciální čočky
Kalcit	Dvojlom	Polarizační přístroje, polarizační hranoly, nikoly
Turmalín	Strukturně krystalografické (piezoelektrické)	Radiotechnika, ultrazvuková technika - při stabilizaci nosné frekvence rozhlasových vysílačů (totéž i speciálně řezané krystaly křemene)
Korund	Fyzikální a optické vlastnosti	Laserová technika (rubín), spojovací technika, chemie, biologie, lékařství, obrábění kovů, při výzkumu vesmíru a pod.
Živce		Sklářský a keramický průmysl, lékařství (zubní protézy)
Beryl	Berylium - lehké slitiny	Letectví, okénka rentgenových lamp, punčošky plynových lamp, neonové osvětlení atd.
Zirkon	Zirkonium	Elektrotechnika (elektronky), ocelářství (slitiny zirkonia s křemíkem a železem, bleskové světlo při fotografování, chirurgické nástroje atd.
Fluorit	Snižuje teplotu tání	Železářství - tavítko při výrobě oceli, slévárenství (usnadňuje odnos nečistot - síry a fosforu, zvyšuje tekutost strusky, výroba kyseliny fluorovodíkové, výroba karbidu, cementu, keramiky a skla.

Snahy o přípravu syntetického diamantu byly dlouho neúspěšné a i v současné době, kdy se vyrábějí diamanty pro technické účely, není doposud vyřešena technologie výroby diamantu pro klenotnické účely. Podmínky pro ekonomicky výhodnou přípravu diamantů jsou nejen vědecky, ale i technicky velmi náročné. Je potřebný pracovní tlak mezi 6000-10000 MPa a teplota v rozmezí 1500-2000°C.

Je známá umělá příprava celé řady minerálů. Některé z nich jsou však příliš drobné a neschopné broušení a další úpravy, jindy mají význam pouze vědecký. Umělá výroba je snazší u minerálů s jednoduchým chemickým složením jako je například syntetická výroba korundu, která se podařila poprvé Francouzi Gaudinovi r. 1837. Od roku 1902 pak nastupuje prudký rozvoj výroby syntetických korundů.

13 Umělé dekorační horniny (dekorační kameny)

Označení „umělý kámen“ je přisuzováno libovolnému výrobku anorganické povahy, připravenému záměrně, nebo vzniklému jako vedlejší produkt či meziprodukt určitého technologického procesu, nebo hmotě vzniklé smísením kameniva (přírodního i umělého) a určitého druhu maltoviny a další přísady (nejčastěji vody). Tyto výrobky svým vzhledem připomínají přírodní horniny. Umělé dekorační horniny (dekorační kameny) musí splňovat i požadavky estetického působení. Toto nacházíme u níže diskutovaných materiálů.

Tab. 6 Charakteristické vlastnosti diamantu a jeho přírodních a syntetických náhrad.

1	Název	2	Chemické složení	3	4	Index lomu	5	6	Hlavní shodné znaky s diamantem	Charakteristické odlišné znaky od diamantu
P i S	Diamant	1970 *	C	10	3,52	2,417	-	0,044	-	-
S	Kubické zirkonium	1977	ZrO ₂ +CaO ZrO ₂ +Y ₂ O ₃	8 - 8,5	5,65 5,95	2,15	-	0,060	Vysoký index lomu i disperze	Velmi vysoká specifická hmotnost
S	GGG (Gallilant) - Gadolinium Galium Garnet	1970	Gd ₃ Ga ₂ [GaO ₄] ₃	7	7,05	2,03	-	0,038	Vysoký index lomu i disperze	Velmi vysoká specifická hmotnost
S	YAG Ytrium Aluminium Garnet	1970	Y ₃ Al ₂ [AlO ₄] ₃	8	4,57	1,83	-	0,028	Index lomu relativně vysoký	Vysoká specifická hmotnost. Nižší disperze.
S	Stroncium titanát (Fabulit)	1954	SrTiO ₃	5,5	5,13	2,41	-	0,200	Vysoký index lomu i disperze	Nízká tvrdost. specifická hmotnost.
S	Lithium niobát (Linobat)	-	LiNbO ₃	5,5	4,64	2,21- 2,30	0,09	0,120	Vysoký index lomu i disperze	Nízká tvrdost. Vysoká specifická hmotnost, dvojlom
S	Syntetický rutil	1948	TiO ₂	6,5	4,25	2,61- 2,90	0,29	0,300	Vysoký index lomu i disperze	Nízká tvrdost. Vysoká specifická hmotnost, dvojlom
S	Syntetický spinel	1940	MgAl ₂ O ₄	8	3,63	1,73	-	0,020	Dostí podobná specifická hmotnost	Nízký index lomu i disperze
P i S	Safír	1892	Al ₂ O ₃	9	3,99	1,760- 1,778	0,00 8	0,018	Vysoká tvrdost	Nízký index lomu i disperze, dvojlom
P i S	Scheelit	-	CaWO ₄	5	6,10	1,918- 1,934	0,01 8	0,026	Vysoký index lomu	Vysoká spec. hmotnost, nízká tvrdost. Nízká disperze, dvojlom
P i S	Křišťál	1944	SiO ₂	7	2,65	1,544- 1,553	0,00 9	0,013	-	Nízký index lomu i disperze, dvojlom
P	Topaz	-	Al ₂ [(SiO ₄)(OH,F) ₂]	8	3,53	1,619- 1,627	0,00 8	0,014	Téměř stejná specifická hmotnost	Nízký index lomu i disperze, dvojlom
P	Zirkon	-	Zr[SiO ₄]	7,5	4,69	1,926- 1,985	0,05 9	0,039	Vysoký index lomu i disperze	Velmi vysoký dvojlom, vysoká specifická hmotnost

1) Charakter (přírodní nebo syntetický); 2) Uvedení syntetiky na trh v roce ; 3) Tvrdost; 4) Specifická hmotnost; 5) Dvojlom ; 6) Disperze.

- Syntetický diamant použitelný ve šperkařství.

Uplatnění starověké techniky napodobování mramorového dekoračního obkládání stěn nalézáme u renesančního a barokního „stucco- lustro“. Na hrubou jádrovou omítku se nejprve nanášela vápenná malta a pak směs vápenného kalu a „mramorové“ (alabastrové!) moučky: po vyhlazení a zatvrdnutí poslední vrstvy se natahoval „mramorový“ štuk jako podklad pro barevnou směs.

Touto směsí složenou z procezené vápenné kaše, klišu, mýdlové vody, pryskyřice, vosku a přírodních pigmentů (hlinek) se natírala a vyhlazovala připravená lící plocha zdiva. Konečnou operací bylo zažehlování za tepla a leštění voskem (Hošek, Muk 1989).

Omítky imitující přírodní kámen jsou vyrobeny z hydraulického pojiva a kamenné někdy i cihlové drti. Z maltovin se používalo hydraulické vápno, sádra, nebo portlandský cement. V případě světlého kamene, se používal bílý cement. Vedle nich se objevují i cementy struskové⁴. Byly velice oblíbené kolem r. 1900. Jejich povrch je opracován kamenicky štokováním, aby imitoval povrch přírodního kamene. Používaly se pro zdůraznění prvků fasád budov.

14 Závěr

V předložené práci je podán přehled technických hmot, které svými fyzikálními a chemickými vlastnostmi odpovídají přírodním horninám. Jsou předloženy výsledky jejich studia s využitím mineralogických a petrografických metod. V charakteristikách jednotlivých materiálů jsou zohledňovány stavební znaky, minerální a chemické složení, podmínky vzniku a jejich využití v technické praxi. Práce ukazuje možnost aplikace mikroskopických metod výzkumu, RTG, DTA a elektronové mikroskopie a mikroanalýzy v oblasti technických hmot, které se svojí povahou a vlastnostmi podobají přírodním "kamenům". V řadě případů však byly pouze naznačeny směry, v nichž by se mineralogie a petrografie mohly uplatnit a přispět svými možnostmi k řešení specifických problémů, a to zejména na úseku degradací technických materiálů. Detailní rozborů a výzkum jednotlivých materiálů jsou autorkou publikovány průběžně. Proto se v řadě případů zaměřila pouze na výčet dat. Řada technických hmot by sama o sobě představovala neméně rozsáhlou studii, jako je předložená práce. Např. žárovzdorné hmoty, keramické výrobky a maltoviny by z hlediska surovinového, technologického a studia degradací pokryly i několik rozsáhlých prací. Autorka se omlouvá, že zcela opomenula oblast metalurgie, rozsáhlou oblast, kde se rovněž výraznou měrou uplatňují mineralogické a petrologické metody studia. Optický výzkum kovů a jejich slitin (metalurgických produktů) se však významně odlišuje od studia ostatních průsvitných a průhledných technických hmot. Je specifický a není hlavní doménou její odborné sféry.

⁴ Například zámek Jezeří u Mostu v severních Čechách.

15 Literatura

1. Bárta R., Andres Z. (1954) *Strusky a popílky z výtavných ohnišť parních kotlů jako průmyslové suroviny.*- Sb. prací z technologie silikátů, SNTL, 152-213. Praha.
2. Dubanský A. (1989): *Minerály antropogenní zóny.*- Geol. průzkum, 3, 77-79. Praha.
3. Dubanský A., Kočvora S. (1985): *Biolitologie.*- Čas. Lék. českých, 124, č. 11, 326-329. Praha.
4. Exnar P., Voldán J. (1981): *Viskozita taveného čediče v průběhu odmišení a počínající krystalizace.*- Sborn. IV. konference o tavených horninách (květen 1981), 23-27. Mariánské Lázně.
5. Gregerová M. (1994): *Příčiny rozpadu stropních betonů suterénu liberecké banky.*- Zpráva HS 22/94/1. Nепublikováno. MS KMiPeGe, PŘF MU Brno
6. Hošek J., Muk J. (1989): *Omítky historických staveb.*-SPN. Praha.
7. Konta J. (1953): *Petrurgie - rodící se nauka o tavených horninách.*- Vesmír, 32, 1,3,-5. Praha.
8. Konta J. (1982): *Keramické a sklářské suroviny.*- UK Praha.
9. Neužil J. (1978): *Uplatnění petrologie v technické praxi.*- Acta Carol. Geol., 3-4, 267-292. Praha.
10. Polášková I., Grenar A., Krutský N. (1981) *Využití hornin pro výrobu minerálních vláken .-* Sborn. Z konference o tavených horninách (květen 1981), 43-46. Mariánské Lázně.
11. Vachtl J. (1946): *Kameny a zeminy ve službách člověka.*- vyd. Vilímek. Praha.
12. Voldán J. (1955a): *Výběr hornin pro petrurgické zpracování.*- Sklář a keramik. V, 1, 14-16. Praha.
13. Voldán J. (1979): *Petrurgie - nauka o tavení hornin.*- Silikáty, XXIII, 361-380. Praha.

Přehled recenzovaných a nerecenzovaných prací autorky, tématicky zaměřených k dané problematice z posledních pěti let:

14. Gregerová M., Sulovský P. (1994): *Možnosti využití elektronové mikroskopie a mikroanalýzy.*- Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 1993, 103-104. Brno.
15. Gregerová M., Vlček R. (1994): *Petrografická a geochemická charakteristika malt a omítek kostela sv. Petra a Pavla v Brně.*- Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 1993, 104-105. Brno.
16. Gregerová M., Locker J., Pospíšil P., Sulovský P. (1994): *Engineering-geological Aspects of the Reconstruction of Charles Bridge in Prague.*- In Proceedings of 7th Congr. IAEG Lisboa.
17. Gregerová M., Sulovský P. (1994): *Novotvořené minerály krust stavebních kamenů Karlova mostu.*- Sborník z konference "Mineralogie a geochemie a životní prostředí", Ostrava, červen 1994. Ostrava.
18. Gregerová M., Sulovský P., Pospíšil P., Vávra V. (1995): *Mineralogie a geochemie procesů degradace historických stavebních objektů.*- Etapová zpráva grantu ČGA "Degradací procesy stavebních materiálů a konstrukcí způsobené klimatickými vlivy, důsledky pro snížení spolehlivosti staveb", listopad 1994, MS ČVUT, Fakulta stavební Praha.
19. Gregerová M., Kristová L. (1995): *Probleme der Interpretation der differenz-thermischen Analysen der Graphittonkeramik.*- II Internationale tagungen in Mikulčice: Slawische Keramik in Mitteleuropa von 8. bis zum 11. Jahrhundert - Terminologie und Beschreibung, Spisy Archeologického ústavu AV ČR Brno, 4, 213-223. Brno
20. Gregerová M., Pospíšil P. (1995): *Mineralogie a geochemie procesů degradace historických stavebních objektů.*- Etapová zpráva grantu GAČR č. 103/93/1191. "Degradací procesy stavebních materiálů a konstrukcí způsobené klimatickými vlivy, důsledky pro snížení spolehlivosti staveb", leden 1996, MS ČVUT, Fakulta stavební Praha.
21. Gregerová M. (1994): *Příčiny rozpadu stropních betonů suterénu liberecké banky.*- Zpráva HS 22/94/1. Nепublikováno. MS KMiPeGe, PŘF MU Brno
22. Gregerová M. (1995): *Perspektiva Zbrašovských aragonitových jeskyní,* - Sborník z Mezinárodního semináře "Životní prostředí pro XXI. století, Brno 8.-11.11. 1994.
23. Gregerová M. (1995a): *Rozbory keramických střepů z Brna - Petrova.*- Zpráva HS 15/95/1. Nепublikováno. MS KMiPeGe, PŘF MU Brno.
24. Gregerová M. (1995b): *Rozbory keramických střepů z Brna - Staré radnice.*- Zpráva HS 15/95/2. Nепublikováno. MS KMiPeGe, PŘF MU Brno
25. Gregerová M. (1995c): *Horniny a technické hmoty sanovaných historických objektů,* - Sborník z Mezinárodního semináře "Životní prostředí pro XXI. století, Brno 8.-11.11. 1994.
26. Gregerová M. (1996a): *Petrografická charakteristika vstupního portálu chrámu v Pardubicích.*- Zpráva HS 15/96/1. Nепublikováno. MS KMiPeGe, PŘF MU Brno.
27. Gregerová M. (1996b): *Posudek na přítomnost tzv. římských cementů ve štukových římsách Zelené Hory u Žďáru n.S.*- Zpráva HS 15/96/2. Nепublikováno. MS KMiPeGe, PŘF MU Brno.

28. Gregerová M. (1996c): Mikropetrografický rozbor umělého stavebního prvku z kašny Valtice.- Zpráva HS 15/96/3. Nепublikováno. MS KMiPeGe, PřF MU Brno.
29. Gregerová M. (1996d): Rozbory keramických střepů z archeologické lokality Chotěbuz.- Zpráva HS 15/96/4. Nепublikováno. MS KMiPeGe, PřF MU Brno.
30. Gregerová M. (1996e): Rozbory keramických střepů z archeologické lokality Hradec.- Zpráva HS 15/96/5. Nепublikováno. MS KMiPeGe, PřF MU Brno.
31. Gregerová M. (1998): Mikropetrografické rozborы písčité keramiky z archeologické lokality Slavonín. Zpráva HS 15/98. Nепublikováno. MS KMiPeGe, PřF MU Brno.
32. Gregerová M., Sulovský P. (1995) : Mineralogy and geochemistry of weathering in Charles Bridge, Prague.- *Environmental Geology*.
33. Gregerová M., Valouch K. (1996): Degradace stavebního kamene - experimentální studie.- *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v r. 1995*, 3,184-186. Brno.
34. Gregerová M., Pospíšil P. (1996): Příčiny degradace stavebních materiálů Lednického zámku.- *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v r. 1995*, 3,180-182. Brno.
35. Gregerová M., Pospíšil P. (1998): Causes degradation of Lednice mansion building materials *Environmental Aspects of Weathering. Proceedings of an international conference IGCP Project 405" Antropogenic Impact on Weathering Processes"*. *Enviweath* 96 pp. 72-74. Brno.
36. Gregerová M., Střelcová E. (1996): Petrografická charakteristika stavebních materiálů památek okresu Prostějov.- *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v r. 1995*, 3, 182-184.Brno.
37. Gregerová M., Pospíšil P., Sulovský P. (1996): Mineralogical study of stone decay in Charles Bridge, Prague. *Proceedings of the 8th International Congress on Deterioration on the Conservation of Stone* (Ed. J. Rieder). Berlin.
38. Gregerová M., Pospíšil P. (1998): Neogenic minerals of Zbrašov aragonite Caves. *Environmental Aspects of Weathering. Proceedings of an international conference IGCP Project 405" Antropogenic Impact on Weathering Processes"*. *Enviweath* 96 pp. 65-71. Brno.
39. Gregerová M. (1999): Mikropetrografické rozborы písčité keramiky z archeologické lokality Slavonín II. Zpráva HS 15/99b. Nепublikováno. MS KMiPeGe, PřF MU Brno.
40. Gregerová M. (1999): Mikropetrografické rozborы slídové keramiky z archeologické lokality Žďár n.Sázavou. Zpráva HS 15/99c. Nепublikováno. MS KMiPeGe, PřF MU Brno.
41. Gregerová M. (1999): Mikropetrografické rozborы vzdušných maltovin kostela z Moravské Ostravy. Těšetice. Zpráva HS 15/99d. Nепublikováno. MS KMiPeGe, PřF MU Brno.
42. Gregerová M. (1999): Mikropetrografické rozborы vzdušných maltovin kostela v Kelči. Zpráva HS 15/99e. Nепublikováno. MS KMiPeGe, PřF MU Brno.
43. Gregerová M. (1999): Mikropetrografické rozborы vzdušných maltovin kostela v Branticích. Těšetice. Zpráva HS 15/99f. Nепublikováno. MS KMiPeGe, PřF MU Brno.
44. Gregerová M. (1999): Mineralogické rozborы historických strusek z širšího okolí Jihlavy. Zpráva HS 15/99g. Nепublikováno. MS KMiPeGe, PřF MU Brno.

16 Abstract

Petrography is scientific discipline, which deals with study of rocks (natural stones) composing the Earth crust. Color, structure, texture, mineral composition and another characteristics are used for classification of naturally occurred rocks into groups calling by petrologists with special names.

Petrogenetic studies combine various experimental and theoretical approaches use inductive and deductive methods resulting in determination of rock origin and its temporal development.

Results are applicable in many industrial branches. This trend also leads to the establishing of terms “applied mineralogy and petrography”. On the contrary some technological processes are applicable backward in the rock environment especially in the field of modeling of petrological processes and experimental petrology.

Applied petrology and methods of petrographic researches are more often used in the industry where are produced many types of anorganic materials and artificial stones. They are called as “industrial material”, “man-made rock”, “artificial stone” etc and produced during many industrial processes – metallurgical, glass production, fiber production, production of molten basalt, ceramics, construction materials.

Process of formation of industrial materials often likes to formation of natural rocks. Processes similar to magma crystallization proceed during clinker formation and glass production. Production of ceramics is very similar to metamorphic processes. Mortar formation likes to formation of sedimentary rocks.

Publication clearly shows possible application of optical microscopic research methods, X-ray analysis, DTA, electron microscopy and microanalysis within research of industrial materials, which are by their properties similar to “natural” stones. Structure, mineral and chemical composition, formation conditions and their application are used in characteristics of individual materials.

In many cases they were showed trends where mineralogy and petrography are applicable and can contribute to solution of specific problems. It includes especially degradation of industrial materials.

Above-mentioned industrial materials could be published in separate publications within the range similar to presented the one because number of study results is huge. Presented research work shows the problem from the point of view of petrologist.

The author apologies that she did not mention problems of metallurgy, which is also significant scientific branch where are used optical methods of study. Optical study of metals and alloys sharply differs to study of transparent materials and author is not oriented on these materials. Detail analysis, results of research and hypothesis were by the author published in many publications during the last ten years.

ISBN: 80-214-1136-8
Vydalo: VUTIUM