

IV.

- Rozdělení stavebních anorganických pojiv
- Vzdušná pojiva
 - Vápno
 - Vápenosíranová pojiva
 - Ostatní vzdušná pojiva
 - Umělý mramor
- Malty
- Omítky
- Plniva, přísady, přísady
- Hydraulická pojiva
 - Hydraulické vápno
 - Cementy
 - Geopolymery

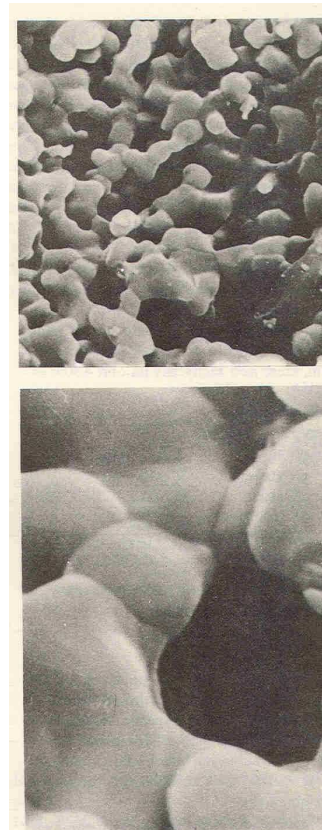
Stavební pojiva anorganická

- Práškovité látky, které po rozdělení s vodou mají schopnost pojit jiné sypké látky v pevnou hmotu.
- Hlavní složka pojiv se získává většinou pálením vhodné přírodní suroviny.
- Stavební anorganická pojiva ~ maltoviny – nejvíce se používají do malt.
- Dělí se podle toho, ve kterém prostředí tvrdnou a jsou stále
 - Vzdušná
 - Hydraulická

Vápno - vzdušné

- Vzdušné vápno se skládá převážně z oxidu nebo hydroxidu vápenatého(hm. $\text{CaO}+\text{MgO}>70\%$).
- Tuhne i tvrdne pouze na vzduchu – vzdušná maltovina.
- Zdroj – čistý vápenec – hornina tvořená kalcitem (CaCO_3) znečištěná jílovými minerály a dolomitem ($\text{CaCO}_3\cdot\text{MgCO}_3$).
- Surovina se vypaluje v rotačních nebo šachtových pecích při 1050-1250°C.

- Vápno nejvyšší kvality se získá pálením čistých praných vápenců.
- Vlastnosti vápna určuje jeho mikrostruktura, která závisí na teplotě výpalu, ovlivňuje jeho:
 - Aktivitu
 - rychlost hašení
 - vydatnost
 - plasticitu.



Mikrostruktura vypáleného vápna
a – srostlé krystaly CaO a mezi nimi velký počet pórů umožňující dobrou reaktivnost s vodou (1500krát),
b – detail srůstu zakulacených krystalů CaO a vytváření krček (10 000krát – PLEVA)

Kalcinace



- Při výpalu do 1050°C - tzv. m ěkce p ělen ě

- má vysokou poróznost
- nízkou objemovou hmotnost
- velký měrný povrch

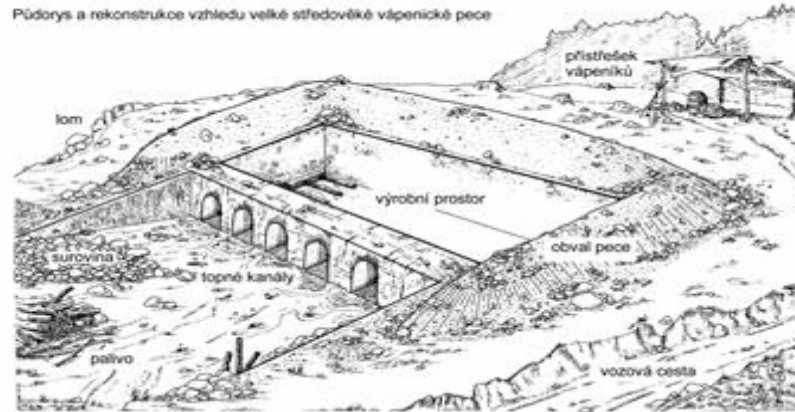
⇒hydratace tak probíhá rychle a dokonale.

- Při výpalu nad 1050°C - tzv. tvrd ě p ělen ě

- má vyšší objemovou hmotnost
- menší poróznost
- menší měrný povrch
- vyrábí se v šachtových pecích.

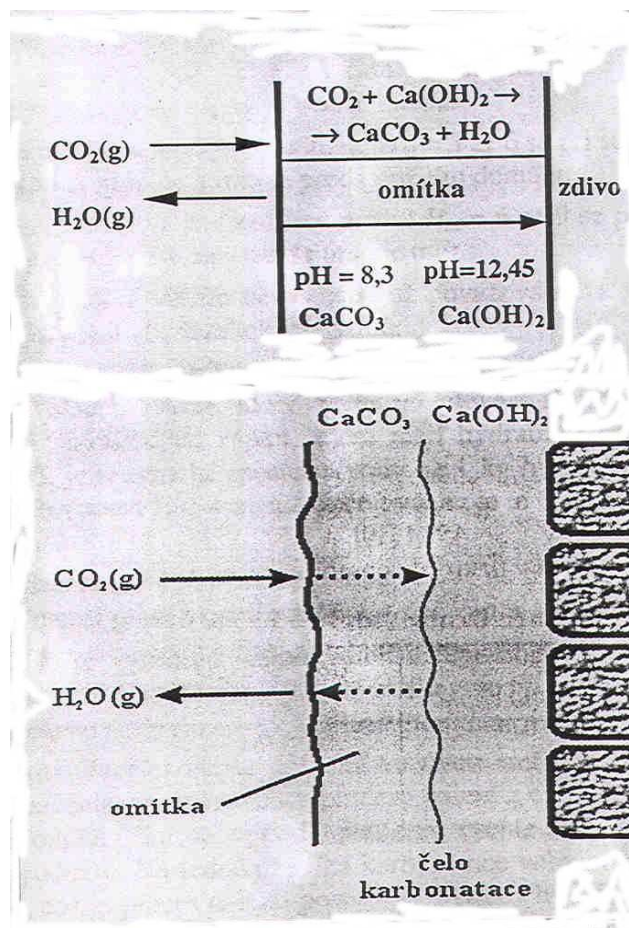
HAŠENÍ VÁPNA

Půdorys a rekonstrukce vzhledu velké středověké vápenické pece



-
- Hašení vápna: hydratační reakce za uvolnění tepla
 - Hašení vápna:
 - mokré – přebytek vody, vzniká tzv. hašené vápno
 - suché – přidá se malý přebytek vody nad vypočítaný stechiometrický poměr, vzniká tzv. vápenný hydrát
 - Při nedokonalém vyhašení dochází k dehydratování až v omítce , zvětšuje se objem a dochází k vystřelování omítek.
 - Karbonatace: zpevňovací proces vzdušného vápna, vzniká nerozpustný uhličitan vápenatý.
 - Maltová směs je znehodnocená, pokud nastane karbonatace před jejím použitím.

Karbonatace vápenné omítky

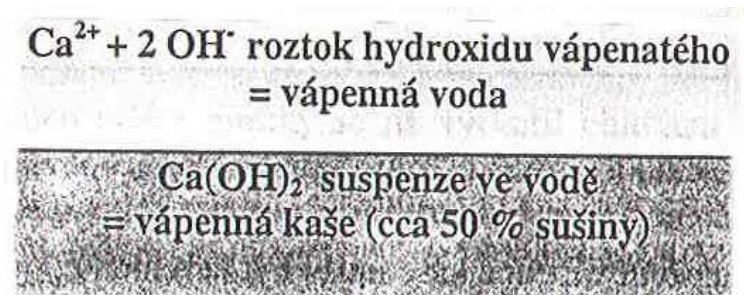


Dělení vzdušného vápna

- Definice a specifikace vápen a zkušební metody – ČSN 459-1, ČSN459-2

- Druhy vzdušného vápna

- dle chemického složení
- podle formy zpracování –nehašené, hašené
 - Vápenný hydrát
 - Vápenná kaše
 - Vápenné mléko
 - Vápenná voda
 - Dolomitické polohašené vápno



- Druhy vápna podle norem:

1. *vzdušné* – tuhne na vzduch, není odolné vůči působení vody, obsahuje více než 85% CaO, bílé dokonce více než 90% CaO, dolomitické je šedé
2. *hydraulické* – chová se jako cement, příčinou je znečištění hydraulickými složkami (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3)
3. *románské* – má stejné složení jako portlandský cement, obsahuje slínkové minerály kromě C_3S , má hydraulické vlastnosti

- Použití: malty, omítky, vápno-pískové výrobky, cihly, prefabrikáty

Vápenosíranová pojiva

- sádry $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- anhydritové pojivo CaSO_4

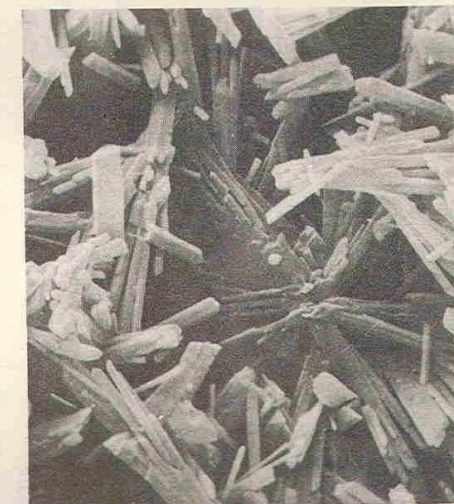
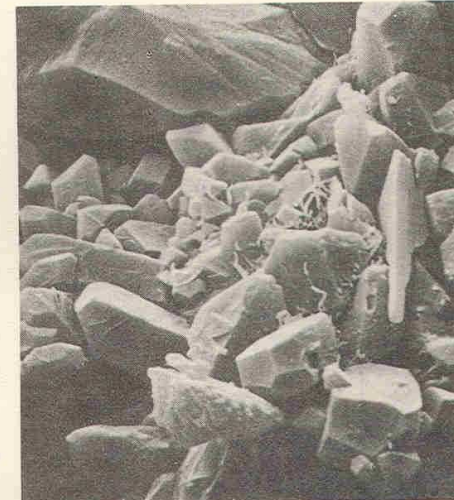
- Omezená stálost ve vlhkém prostředí.
- Malty z nich nejsou alkalické, tzn. nechrání ocel proti korozi, ale jsou vhodnější k vyztužování skleněnými vlákny.
- Nejsou náchylné ke vzniku trhlin od smršťování, ale nabývají \longrightarrow vyplnění dutin a spár.
- **Sádra sypeme do vody !!!**
- Pro přípravu se používá vždy čistá voda.
- Malt = sádra + písek
- Nemíchat sádra+cement!!!

Zdroj sádrovce

- přírodní sádrovce
 - primární - sedimentárně usazené
 - velká ložiska v USA, Rusku, Polsku, SRN, Francii
 - sekundární
 - selektivní těžbou se vybírá nejčistší sádrovec pro výrobu sádry, ostatní vrstvy znečištěné jíly se používají pro regulaci tuhnutí portlandského cementu.
- odpadní
 - energósádrovec – vzniká jako odpad při mokré vypírce kouřových plynů v elektrárnách a teplárnách – *odsíření spalin* (obs. 97%).
Kobeřice u Opavy
 - chemosádrovce - průmyslové procesy
 - extrakce kyseliny citrónové
 - produkce TiO_2 a MgCl_2
 - čištění vod atd.

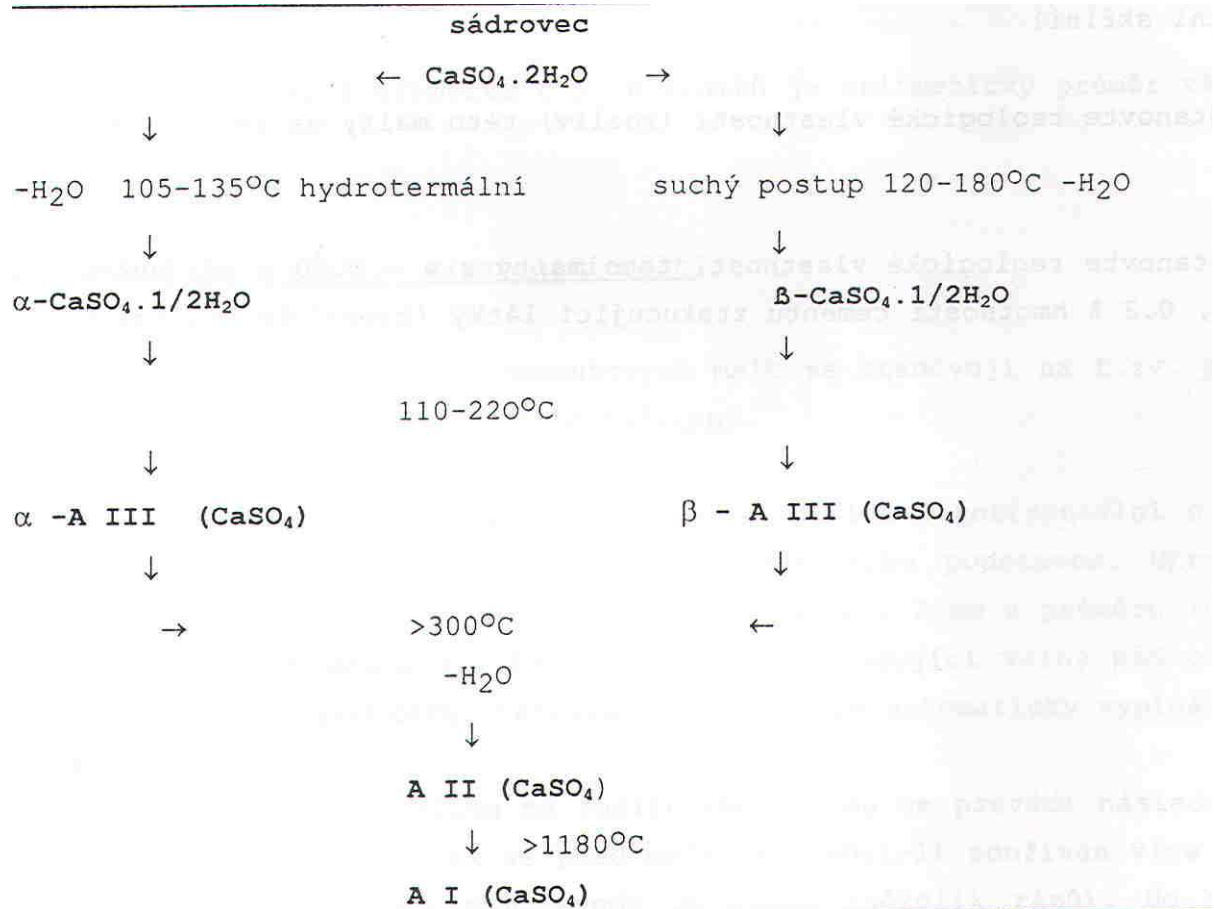
Vlastnosti sádrovce

- Přírodní
 - bezbarvý
 - čirý
 - kompaktní
 - krystaluje v jednoklonné soustavě
 - minerál s malou pórovitostí
 - 2 300 kg/m³
 - 40-45 MPa v tlaku
 - vysoká rozpustnost ve vodě 0,256g ve 100 g vody při 20°C
 - do teploty 40°C stálý, za vyšších teplot dochází ke ztrátě vody
 - tvrdost podle Mohsovy stupnice 1,5-2
- Rekrystalizovaný
 - může být zbarvený
 - značně pórovitý
 - agregáty z prodloužených a částečně destičkových malých krystalků, nepravidelně orientované, částečně srostlé
 - 500-1 500 kg/m³
 - 1-35 MPa v tlaku



Pohled na krystaly sádrovce, některé podrcené (a – 2200krát) a na hemihydrát CaSO₄·0,5 H₂O přímo z něj připravený (b – 2200krát – LEJSEK)

Výroba - kalcinace



-
- α –sádra: 115-125°C a mírný p řetlak 1,3 kPa v autoklávu
 - vysoké pevnosti 50 MPa
 - potřebuje méně vody k hydrataci a kratší dobu k tuhnutí
 - dobře vyvinuté krystaly, 2 720- 2 760 kg/m³
 - β –sádra: 110-125 °C za normálního tlaku v roštové peci
 - pevnosti 25 MPa
 - spotřebuje více záměsové vody
 - má velký měrný povrch
 - značně porézní s poruchami krystalové mřížky, 2 630- 2 680 kg/m³
 - Tuhý roztok CaO+CaSO₄ : reaguje v jemně mleté formě s vodou, velmi odolné proti povětrnostním vlivům, tzv. silně přepálená sádra (1200°C), historicky pochází z Německa, tzv. estrichová sádra
 - Tuhnutí a tvrdnutí: zpětná rekrystalizace

Hydratační mechanismus:

- **Sádro vsypeme do vody** a za stálého míchání vzniká kaše, ta postupně ztrácí tekutost a přechází do tuhého stavu.
- Počátek tuhnutí závisí na teplotě rozkladu sádrovce, čím vyšší teplota, tím pomaleji tuhne.
- Po zatuhnutí začíná tvrdnout, tedy pozvolna nabývá pevnosti za postupné rekrytalizace sádrovce.
- 1. rozpuštění pojiva – vzniká roztok vápenatých a síranových iontů, který je vzhledem k půlhydrátu nasycený, vzhledem k dihydrátu přesycený
- 2. krystalizace z roztoku – dochází k vzájemnému proplétání a srůstání jehlicovitých krystalků dihydrátu, po dosažení stavu přesycení se proces hydratace stabilizuje, vznikají stabilní nuklea dihydrátu, proces je velmi rychlý
- Pozn.: kaše zvyšuje objem o 1%, zahřívá se hydratačním teplem

Stupně hydratace, tuhnutí a tvrdnutí sádry

Hemihydrát, ANHIII, ANHII+ voda +(aditiva)

míšení

vlhčení, rozměňování

homogenizace, stabilizace



hydratace, tuhnutí, tvrdnutí

indukční perioda, nukleace

růst krystalů, tvrdnutí



struktura dihydrátu

vývoj mechanických pevností

prorůstání, přerůstání, blokování a zabudování nezhydratovaných složek

+ přebytek vody



sušení

sušení dihydrátu až do jeho rovnováhy s obsahem vlhkosti bez porušení struktury sádry

Druhy sádry

- Podle pevnosti: 12 tříd G2-G25
 - Podle jemnosti mletí: hrubě, středně a jemně mletá
 - Podle doby tuhnutí:
 - **A = rychle tuhnoucí sádry** – α , β -sádry
Počátek 2 minuty, konec tuhnutí do 15 minut.
 - **B= normálně tuhnoucí sádry**
Počátek 6 minut, konec tuhnutí do 30 minut.
 - **C=pomalu tuhnoucí sádry**
Počátek 20 minut, konec tuhnutí se nepožaduje.
- Směs anhydritu (75-85%) a oxidu vápenatého(2-4%) a hlinitých součástí (do 10%) = zednická či potěrová sádra

Stavební sádra

- $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$
- Tuhnutí lze urychlit přidáním síranů hlinitých a draselných, popř. NaCl, zpomalit křihovou vodou, nebo vápenným mlékem
- v/s ~0,6, modelová v/s ~0,3-0,35
- Po vysušení 4,5 MPa
- DIN 1168
 - Štuková, omítková, osazovací, spárovací
 - Sádrová, omítková směs

Použití sádry

- do interiéru - sádrové příčkové desky, stěnové dílce, stavební dílce, sádrokartonové desky a jejich lepení, sádrovláknité nebo sádroperlitové obkladové desky pro protipožární ochranu ocelových konstrukcí, štukatérské práce
- do exteriérů - nutno použít hydrofobizační činidlo, nebo ošetřit povrch organokřemičitým hydrofobizačním prostředkem.
- Výtvarné umění a umělecká řemesla – použití se řídilo empirií technologie modifikované citem skutečné voskové podoby lité do sádrových forem, pomocné formy, modely, pláště na ochranu originálů při transportu , odlitky antických soch atd.
- sádrové výrobky s přidáním plniv - kompozitní materiály, nové vlastnosti

- Stavební sádra ANH I

- u nás se nevyrábí, není normalizovaná
- nahrazuje se anhydritovým pojivem, protože má podobné vlastnosti.

- Anhydritové maltoviny s vnitřním buzením

- modifikace blízké původním historickým látkám
- trend dnešních památkářů

- Anhydritové pojivo

- společně se semele 95% přírodního nebo odpadního anhydritu a 5% kusového vápence, nebo se smíchá jemněmletý anhydrit s PC
- tuhne pomaleji
- je pevnější a nezvětšuje objem při zatvrdnutí
- vyžaduje suché prostředí.

- Dříve používané speciální druhy sádrových maltovin

- Keenova sádrovina – pálení sádrovce s kamencem hlinitodraselným (4,5%) při 600°C, má vyšší odolnost v úči povětrnostním vlivům (1838)
- Parianská sádra – pálení sádrovce s boraxem + roztok kyselého vínanu draselného na 600°C
- Schottova sádra – pálení sádrovce s vápnem 7:3 do slinutí
- De Wyldeho sádra – zahřívání anhydritu s vodním sklem na 150-250°C

Ostatní vzdušná pojiva

Hořčnatá maltovina

Fosfátové pojivo

Křemičitanové pojivo

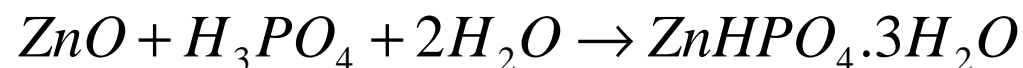
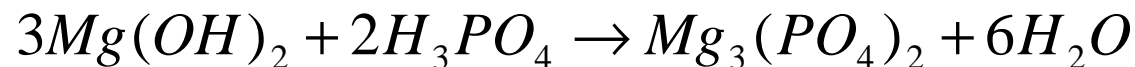
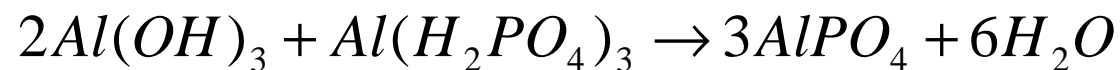
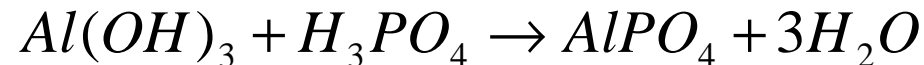
Hořečnatá maltovina

- Sorel, 1867 - objevil, že smícháním oxidu hořečnatého s roztoky hořečnatých solí vzniká hmota, která má pevnost přírodního kamene.
- Kaustický magnezit - oxid hořečnatý, který se získá pálením magnezitu MgCO_3 při teplotě 700-800°C. Produkt je lehký, měkký, nahnědlé až hnědé barvy, velmi porézní, s nízkou objemovou hmotností.
- Roztok chloridu hořečnatého - zbývá po odstranění chloridu draselného ze suroviny karnalitu ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).
- Výsledné vlastnosti jsou závislé na poměru $\text{MgO}:\text{MgCl}_2$ (2:1-8:1) až 18 dílů vody.
- Nevýhodou tohoto pojiva je jeho nízká odolnost vůči působení vlhkosti.

-
- Má ze všech používaných pojiv nejvyšší pojivé vlastnosti, pojme až 20ti násobek plniva. Tuhne v rozmezí 40-240 minut, konec tuhnutí je za 6-12 hodin.
 - Pro velmi pevné produkty o pevnosti v tlaku 60-100MPa se používá křemenný písek nebo karbokorund, pro tepelně izolační hmoty organická výplň, dřevěné piliny, mletá kůra. Pojivo organickou hmotu mineralizuje a ta se stává nehořlavou.
 - Hořečnatá maltovina je typická vzdušná maltovina, která navíc nesmí přijít do styku s vápna, má schopnost korodovat kovy (Cl_2), při uložení na vzduchu (45-85%) dochází ke značným objemovým změnám, měkne a rozkládá se.
 - Jako výplň se používají dřevěné piliny, xylolit, dřevitá vlna (heraklit).

Fosfátové pojivo

- Toto pojivo se řadí mezi kyselino-zásadité pojivové typy.
- Stejně jako v případě hořečnaté maltoviny se jedná o dvousložkové pojivo, kdy reakcí hydroxidu hlinitého či hořečnatého s kyselinou fosforečnou, sírovou, mravenčí, a s vícemocnými alkoholy, např. glykolem, a oxidy kovů, vzniká tvrdnoucí směs.



Křemičitanové pojivo

- Křemenný písek se sodou (potaší) se pálí při 1200-1400°C, vzniká křemičitan sodný, či draselný, který se zavádí do vody za vzniku roztoku tzv. vodního skla ($\text{Na}_2\text{O}:\text{SiO}_2=1:3,3$).
- Koncentrované roztoky vodního skla tuhnou po přidání kyselých roztoků za tvorby gelu. Tento gel je složen z vyloučených kyselin křemičitých.
- Ve vodných roztocích křemičitanu sodného se ustaví chemická rovnováha:



- Takto vzniklá kyselina kondenzuje a tvoří se vysokomolekulární kyseliny křemičité o různém kondenzačním stupni.
- Vznikající hydroxid sodný se postupně váže se vzdušným oxidem uhličitým.
- Toto nové ustavení rovnováhy má za následek tvorbu další kyseliny křemičité, ta dále kondenzuje až vznikají vysokomolekulární kyseliny metakřemičité. Vytvoří se gel zpevněný velmi rozvětvenými kyselinami polykřemičitými.
- Vznik gelu lze urychlit přidávkem: kyselin, sloučeninami, které vlivem hydrolyzy vytvářejí kyseliny (urychlovače), hydroxidy, jejichž kationy kovů reagují s anionem kyseliny za tvorby těžce rozpustných solí.
- Při zpevňování vodního skla přidávkem hydroxidů hlinitého, hořečnatého, vápenatého, oxidu olovnatého či několika procenty PC vznikají těžce rozpustné silikáthydráty:

-
- Na druhu vodního skla, přísadách a teplotě závisí pevnost výrobku v tlaku.
 - V zatvrdlém stavu dobře odolávají kyselinám, špatně alkáliím, nesmí se nanášet na čerstvé vápenné a cementové malty a beton.
 - Použití
 - Nátěry a nástřiky odolné vůči vodě, kyselinám a vyšším teplotám
 - Pojiva tepelně izolačních malt a vláknitých hmot (expandovaný perlit, azbest, minerální vlákna)
 - Protipožární ochranné vrstvy ocelových konstrukcí
 - Do žárovzdorných malt
 - Pro spojování žárovzdorných materiálů
 - Injektáže pískových podloží

Umělý mramor

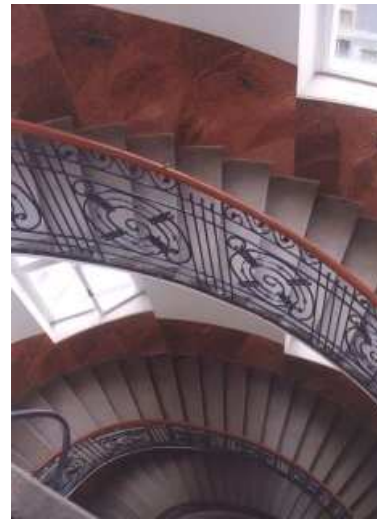
- Technika používaná od baroka po konec 19. století.
- Zpočátku na výzdobu oltářů, později šlechtických paláců a měšťanských domů, bankovních domů, vstupních vestibulů.
- Dokonale imituje pravý mramor, snazší intarzování, lze vyrábět členité architektonické prvky.
- Technika míchání, nanášení a pracného ručního broušení se do dnešních dnů od dob vzniku umělého mramoru nezměnila.
- Zhotovení omítky z umělého mramoru je časově velice náročné, může se vyrábět in situ (na místě) nebo v dílně, v souladu s požadavky práce, ale je v každém případě nutné, aby se na místě udržovala stejná teplota a aby práce byla chráněna před prachem.
- Materiál pro výrobu
 - Sádra, křeh, vápno, barevné pigmenty, brusné kameny, včelí vosk, terpentýn, lněný olej
 - Sádra štukatérská, alabastrová
 - Vápno bílé kvalitně vyhašené
- Pracovní postup
 - Zhotovení podkladové omítky (jádro) – vápenná malta či sádra + cement
 - Zhotovení sádrové masy – sádra + křehová voda, dělení dle počtu barev
 - Nanesení mramorové masy a srovnání
 - Broušení a tmelení
 - Napouštění a voskování

- Předpokládaný vznik umělého mramoru, ve světě nazývaného scagliola, je Florencie, „Mekka“ renesančního umění. Anglické prameny uvádějí, že ji "vynalezl" počátkem XVI. století Guido Sassi v Lombardii.



- Intarzované obrazy na stěnách kaple jsou kopiemi pietra dury z Říma, i kopiemi obrazů Albrechta Dürera. Výzdoba kaple byla velmi náročná, trvala mnoho let a byla dokončena v roce 1629.





Malty

- Stavivo připravené smísením drobného kameniva, anorganického pojiva, (přísad a příměsí) s následným rozmísením vzniklé směsi vodou na požadovanou konzistenci.
- Dodává se ve formě:
 - Rozmíchává se ze složek na staveništi, tzv. *staveništní malta*
 - *Suchá maltová směs*, rozmíchá se pouze s vodou.
 - *Mokrá maltová směs*, zamíchaná přímo s vodou.

Rozdělení malt

- Podle použití:
 - malty pro zdění – izolační , vylehčené, žáruvzdorné
 - malty pro omítání – lze použít všechny druhy malt s dostatečnou přilnavostí k podkladu
 - malty pro specifické stavební účely – pro kladení dlažeb a obkladů, zálivkové, spárovací, pro potěry a finální úpravy betonových konstrukcí
- Podle druhu pojiva: hliněné, vápenné a vápenohořečnaté, nastavované (vápenohliněné, vápenosádrové, vápeno-cementové, vápenostruskové), hydraulické (cementové, trasové), polymerní (vápenolatexové, polymerocementové, polymersilikátové)
- Podle druhu plniva: s říčním pískem, s kopaným pískem, se smíšeným plnivem (směs obou druhů písků, směs těžného a drceného písku), s druhotnými odpadními hmotami (cihelná drť, popílek, struska, sláma, plevy atd.)

Hlavní složky malt

- *pojivo*
 - vzdušné (vápno- vápenná kaše, vápenný hydrát, sádra, kombinované vápenosádrové pojivo, jíla a hlína)
 - hydraulické (hydraulické vápno, hydraulické směsné pojivo na bázi portlandského slínku, CEM I, CEM II/A,B-S a speciální cementy)
- *plnivo* – písek (0/4, 4/8), granulovaná vysokopecní struska, perlit, polystyrén atd.
- *přířady a příměsi* – do vápenných malt vhodná hlína, do cementových malt vápenná kaše, makromolekulární látky
- *barviva* – probarvování v celé hmotě
povrchové vybarvení
- *voda* – nezávadná, tj. nesmí snižovat pevnost a trvanlivost malt

Normová klasifikace malt

- Hliněná
- Vápenná
 - obyčejná (MV)
 - jemná (MVJ)
- Pro šlechtěné omítky (MVCO)
- Nastavované
 - hlinitovápenné
 - vápenosádrové (MVS)
 - vápenocementové
 - obyčejné (hrubé, MVC)
 - jemné (MVCJ)
- Sádrové (MS)
- Cementové
 - obyčejné (hrubé, MC)
 - pro cementový postřík (MCP)

-
- Malty pro vnitřní a vnější omítky
 - Podle způsobu výroby
 - Průmyslově vyráběné malty
 - Malty zčásti připravené průmyslově
 - Staveništní malty
 - Podle vlastností nebo použití
 - Obyčejné malty pro vnitřní nebo vnější omítky (GP)
 - Lehké malty pro vnitřní nebo vnější omítky (LW)
 - Zabarvené malty vnější omítky (CR)
 - Malty pro jednovrstvé vnější omítky (OC)
 - Tepelněizolační malty pro vnitřní nebo vnější omítky (T)
 - Sanační malty pro vnitřní nebo vnější omítky (R)
 - Podle záměru výroby
 - Návrhové malty podle volby výrobce
 - Předpisové malty
 - Malty pro zdění
 - Speciální malty
 - Malta ze směsných hydraulických pojiv

Omítky

- *dle použití*
 - interiérové
 - exteriérové
- *dle druhu pojiva*
 - hliněné
 - sádrové
 - sádrovápenné
 - vápenosádrové
 - hořečnaté
 - vápenné ze vzdušného vápna
 - vápenné z hydraulického vápna
 - vápenopucolánové
 - vápenocementové
 - cementové
- *dle plniva*
 - jemnozrnné
 - hrubozrnné
 - s vláknitou výztuží
 - s organickým plnivem

-
- *dle technologie aplikace*
 - ručně nanášené (hlazené, utahované, s nerovným povrchem, se strukturovaným povrchem, zpracované speciálními technikami (sgrafito, umělý mramor)
 - strojně nanášené
 - *dle funkce, kterou plní*
 - estetické
 - tepelně izolační
 - sanační
 - obětované (používané při odsolování zdiva)
 - *dle postavení vrstvy*
 - vyrovnávací
 - jádrové
 - štukové
 - *dle počtu vrstev*
 - jednovrstvé
 - vícevrstvé
 - *dle barevnosti*
 - probarvené
 - neprobarvené

-
- Hliněné omítky
 - Omítky ze sádry a sádrovin
 - Omítky z hořčnaté maltoviny
 - Omítky ze vzdušného vápna
 - Omítky z hydraulického vápna
 - Cementové omítky
 - Vápenopucolánové omítky
 - Vápenné omítky s hydraulicky reagujícími přísadami
 - Vápenocementové omítky

Přísady a příměsi

- Doplnkové složky, které se přidávají během míchání k pojivu za účelem zlepšení některých vlastností nebo k docílení zvláštních vlastností.
- Používají se pro zlepšení vlastností čerstvých a zatvrdlých malt.
- U čerstvých malt jde o zpracovatelnost a přídržnost k podkladu, u zatvrdlé lze zlepšit mechanické vlastnosti, zpomalit či zrychlit vytváření pevné struktury malt, maltu lze obarvit a ochránit před poškozením biologickými činiteli.
- Anorganické = spíše přídavky (>5% hm. na hmotnost pojiva)
- Organické = přísady (do 5% hmotnosti pojiva)

Přísady

- Podle hlavního účinku působení
 - Plastifikační – redukuje vodu, lignin sulfonát sodný
 - Superplastifikační – ztekucující, velmi redukuje vodu
 - Provdzdušňující – kyselina abietová, oleát sodný
 - Stabilizační (zadržující vodu)
 - Zpomalující tuhnutí-
 - Urychlující tuhnutí a tvrdnutí - CaCl_2 (působí však korozivně na výztuž)
 - Hydrofobizační (odpužující vodu)
- Další typy
 - Plynotvorné
 - Pěnotvorné
 - Odpěňovací
 - Expanzní
 - Adhezní
 - Protikorozní
 - Biocidní

Příměsi

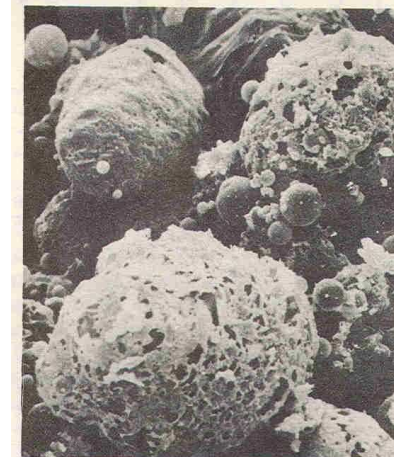
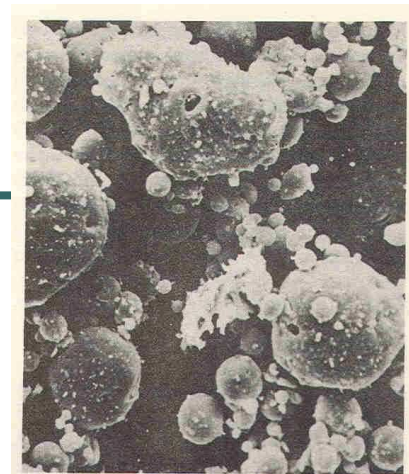
- Pevné jemně práškovité látky.
- Druh I
 - Působí v průběhu hydratace téměř inertně
 - Kamenné moučky-filery
 - Práškové pigmenty barevných tónů
- Druh II
 - Pucolánové vlastnosti nebo latentní hydraulická
 - Popílek
 - Křemičitý úlet

Jemné podíly plniva

- Mleté horniny nebo přírodní moučky, zrno do 0,125 mm
- Ke zlepšení křivky zrnitosti → zlepšení reologických vlastností a lepší hutnění → vyšší odolnost, zvýšení přídržnosti

Popílek (fly ash)

- Produkt spalování uhlí, zachycován v odlučovačích z plynů topenišť
- Velmi jemný zrnitý prášek 0,09 mm
- Měrný povrch 300 m²/kg
- Obsahuje amorfní oxid křemičitý a hlinitý, mullit a oxid vápenatý
- Je pucolánově aktivní, reaguje za studena s hydroxidem vápenatým
- Často jsou radioaktivní a obsahují organický zbytek.



Elektrárnský popílek z hnědého uhlí

a – Mělník (580krát), b – Ledvice
(580krát – ODEHNAL)

Křemičitý úlet (silica fume)

- Amorfni oxid křemičitý 87-99%
- Měrný povrch 20 000 m²/kg
- Pucolánově aktivní
- Zvyšuje pevnost a redukuje dávku cementu
- Zvyšuje trvanlivost a odolnost
- Omezuje alkalický rozpad kameniva
- Snižuje rychlost karbonatace povrchových vrstev
- Zlepšuje soudržnost

Pucolány

- Římané používali do směsi na stavbu hrází s vápnem sopečný popel z oblasti Pozzuoli pod Vesuvem, který má hydraulické vlastnosti → pucolán
- Mohou to být drcené či mleté keramické střepy, jemně drcené sklo, různé druhy strusek.
- Pucolány jsou křemičité nebo hlinitokřemičité materiály, které samy o sobě mají malou nebo žádnou vazebnou schopnost, ale s hydroxidem vápenatým v přítomnosti vody reagují za běžných teplot za vzniku sloučenin, které se vyznačují pojivými vlastnostmi a jsou stálé ve vodě.
- Z chemického hlediska jde o přírodní či technogenní látky vnášející do směsi hydraulické složky.
- Oxid křemičitý přítomný v amorfní formě spolu s hlinitokřemičitany reaguje již za běžných teplot s vápnem, za vzniku hydratovaných sloučenin vápenatých, které jsou stálé i pod vodou a vytvářejí pevná spojení mezi zrnky kameniva.
- Schopnost reakce pucolánů s Ca(OH)_2 ve vodném prostředí za studena se nazývá pucolánová aktivita.

Dělení

- podle původu vzniku

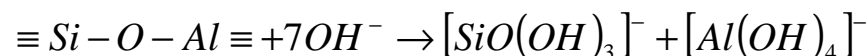
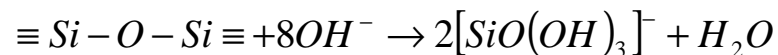
- *přírodní*: mají původ vulkanický (tufy) nebo sedimentární (tufity, křemelina). Velmi jemné jsou vysoce reaktivní, některé mají tvar malých sklovitých částic a jsou složeny převážně z oxidu křemičitého, jiné jsou tvořeny z minerálů (50% oxid křemičitý + 30% oxid hlinitý a příměrové oxidy). Skelná fáze je příčinou vysoké reaktivity vyvřelých hornin. Dále je možné použít po rozdrobení na velmi jemné částice např. pemzu, čedič, chalcedony, opály, živce, slídy atd. Významné ze zeolitů jsou analcim a chabazit, které jsou součástí trasů (Nizozemci kolem r. 1200 zpracovávali do malt tras od Ardenach (tyrass=pojivo, tmel).

Dodnes se používají pucolány od Pozzuoli v Itálii, z jihovýchodní Francie, rýnský tras a tufy z ostrovů v Egejském moři.

- *technogenní*: jsou cíleně připravovány pálením jílových surovin montmorillonitického nebo kaolinitického typu při nízkých teplotách a následně jemně mlety. Nejčastěji se používá kaolín, pálením při 600°C přechází na silně porézní amorfni metakaolín $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$. Pucolánovou aktivitu vykazují i silikátové odpady po spalování organických látek, popely, obsahující reaktivní formy oxidu křemičitého a hlinitého. Historicky se používal kostní popel, popely ze slámy nebo výhonků vinné révy. Dnes se využívají elektrárenské popílků, vysokopecní granulované strusky atd.

- podle složení – s obsahem amorfniho oxidu křemičitého, křemičitanů, hlinitanů a železitanů

- Pucolánová reakce: $Ca(OH)_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2 OH^-$ pH=12,45 při 25°C
- Vysoká koncentrace OH^- iontů převádí do roztoku vápenaté, sodné a draselné ionty, dochází ke štěpení vazeb v SiO_2 , křemičitanech a hlinitanech



- Vzniklé ionty tvoří s ionty Ca^{2+} nejprve hydratované křemičitany (CSH gely) a hlinitany vápenaté na jejich povrchu ve formě hexagonálních lístků.

Pucolánová aktivita

- zkouška vaznosti – ze směsi pucolán:vápno:křemenný písek=1:0,8:1 se vyrobí zkušební tělesa a po 3 dnech uložení ve vlhku , po 7 a 28 dnech se stanovují pevnosti v tahu za ohybu a v tlaku, minimální hodnoty 0,5/4,5 MPa, resp. 1,6/14MPa.
- sledování průběhu reakce pucolánu s hydroxidem vápenatým – navážka jemně rozetřeného vzorku pucolánu se smísí s odměřeným nasyceným roztokem hydroxidu vápenatého a za občasného protřepání se nechá reagovat v uzavřené nádobce. Každých 24 hodin se odebere 50 ml roztoku a stanoví se neutralizační analýzou úbytek obsahu hydroxidu vápenatého. Současně se přidá 50 ml čerstvého nasyceného roztoku. To se opakuje po dobu jednoho měsíce, metoda je velmi nepřesná.
- stanovení obsahu aktivního oxidu křemičitého – určuje se termochemickou metodou na přístroji Enthalpiograf. Využívá se vývin tepla při reakci vzorku pucolánu s kyselinou dusičnou, fluorovodíkovou a s roztokem dusičnanu draselného. Vyhodnocení se provádí na základě kalibračních křivek, vytvořených reakcí čistého amorfního oxidu křemičitého (Aerosil).Lze určit přímo procentický obsah reaktivních složek v pucolánu.

Organické přísady

- *přírodní* – přidávali se do malt v různých historických obdobích, někdy šlo o přídavek nahodilý.
- Hodnocení účinků těchto přísad se liší, dosud nebyly prováděny žádné seriózní výzkumy.
- Třídí se podle jejich účinku na vlastnosti čerstvé a zatvrdlé malty, některé se řadí do skupiny protichůdných účinků.

Typ přísady	Přírodní látka
Urychlovače	Bílek, volská krev, cukr, sádlo, tvaroh, škrob
Zpomalovače	Cukr, ovocné šťávy, lepek, volská krev, bílek, melasa
Plastifikátory	Mléko, bílek, tuky, cukr, kalafuna
Provzdušňovače	Slad, pivo, moč
Těsnící a hydrofobizační	Tuky, oleje, vosky, asphalt, cukerné materiály
Adhesiva	Kalafuna, kasein, kliš, želatina
Zpavňovače	Melasa, cukr, tuky, ovocné šťávy, žitné těsto, lepek, sražené mléko, bílek, rostlinné gummy, kasein, sýr, krev

Dělení

- bílkoviny (proteiny) – zejména z obilovin (lepek z pšenice, žitné těsto, ječmenný slad), kasein (tvaroh, sražené mléko, sýr, podmáslí), kolagen (z kůže, kostí, šlach), kreatin (z vlasů, kopyt), vaječné bílkoviny
- sacharidy – dobře rozpustné ve vodě, sacharóza (cukr řepný, třtinový), laktóza (cukr mléčný), glukóza a fruktóza (cukr hroznový a ovocný), celulóza, škrob, rostlinné gummy
- tuky – živočišné (sádlo, máslo, lůj), rostlinné (lněná fermež)
- vosky – včelí
- pryskyřice – z borovic (kalafuna), šelak (produkuje hmyz Lucifer Lacha)
- ostatní – pivo, býčí krev, moč, víno, jilmová kůra, tanin, hnůj, asphalt, atd.

Syntetické přísady

- dnes zejména makromolekulární látky na bázi polymerních akrylátů, kopolymery vinilacetátu, étery celulózy atd.
- zvyšují přídržnost omítek k podkladu
- zvyšují pevnost v tahu
- zlepšují zpracovatelnost (lze nanášet strojově omítky)
- mají stálou kvalitu

Hydraulická pojiva

- Tvrdnou a tuhnou ve vlhku i pod vodou.
- Hydraulické oxidy-hydraulity
- Hydraulické přísady
 - S latentní hydraulitou – práškovité látky přírodní či umělé, které samy o sobě zamíchás vodou netuhnou ani netvrdnou, ale po přidání malého množství látky obsahující CaO se v nich probudí hydraulické schopnosti a aktivně se podílejí na tvorbě pevné struktury.
 - Pucolány
 - přírodní (pemza, tuf, tras)
 - Umělé (popílek, popel, struska atd.)
- Procesy tvrdnutí
 - Vytvoření pevné struktury po rozpuštění pojiva
 - Vzniklý Ca(OH)_2 reaguje se vzdušným CO_2 a dochází ke karbonataci

Hydraulická vápna

- Pálí se při 1100-1200 °C z vápenců (75-80% CaCO₃) obsahujících hydraulické oxidy.
- Dělení
 - Slabě hydraulické 10-15 % hydraulitů
 - Silně hydraulické >15 % hydraulitů
- S přísadami (max. 30%)
 - Struskové
 - Pucolánové
- Použití
 - Malty
 - Vnější omítky
- Hydraulický modul
- Hydraulické vápno se hasí pouze průmyslově, na trh se dodává v podobě prášku, množství vody pro hašení závisí na složení.
- V současnosti se u nás nevyrábí (dovoz Anglie), nahrazuje se cementy nižší třídy.