



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

OSTŘIVA SLÉVÁRENSKÝCH FORMOVACÍCH A JÁDROVÝCH SMĚSÍ

SANDS FOR THE PRODUCTION OF FOUNDRY MOULDS AND CORES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jakub Fúsek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Petr Cupák, Ph.D.

BRNO 2016

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Jakub Fúsek**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojírenského inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Petr Cupák, Ph.D.**
Akademický rok: 2015/16

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Ostřiva slévárenských formovacích a jádrových směsí

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zmapování použitelnosti různých druhů slévárenských ostřiv pro různé druhy slévárenských slitin, různé typy odlitků a různé technologie pojivových systémů.

Cíle bakalářské práce:

Zpracování přehledu používaných ostřiv pro výrobu slévárenských forem a jader včetně popisu oblasti jejich použití.

Seznam literatury:

Cupák, P., Tomáš, K. (2006): Zkušenosti s nekřemennými ostřivy ve slévárně oceli Šmeral Brno, a. s., Slévárenství, Vol. LIV, No. 6/2006, pp. 222-226, ISSN 0037-6825, Svaz sléváren článků v časopise


Cupák, P., Tomáš, K. (2006): Využití záporné tepelné dilatace lupkového ostřiva ke snížení zbytkových pevností formovacích směsí s vodním sklem, Slévárenství, Vol. LIV, No. 12/2006, pp. 462-464, ISSN 0037-6825, Svaz sléváren článků v časopise

Rusín, K. (1985): Disperzní formovací materiály. Skripta VUT Brno. 2. vyd. Brno Vysoké učení technické v Brně, 184 s.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16.

V Brně, dne 16. 11. 2015





prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu



doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá přehledem, vlastnostmi a použitelností nejběžnějších slévárenských ostřiv. Vzhledem k ekonomičnosti jsou nejpoužívanější ostřiva křemenná. Popsána jsou především ostřiva používaná v České republice, nechybí ale ani zástupce pískovny s distribucí mimo Evropu. Tato ostřiva mají naneštěstí i řadu nevýhod, které omezují jejich použití. V těchto případech používáme ostřiva nekřemenná. Uvedena jsou zde ta nejrozšířenější, včetně v současné době rozšiřujících se ostřiv umělých. Je provedeno i shrnutí některých základních charakteristik a vlastností, například vhodnost použití popisovaných ostřiv.

Klíčová slova

Křemenná, nekřemenná, umělá ostřiva, slévárenské formovací směsi

ABSTRACT

Bachelor thesis deals with survey, properties and usability of the most common foundry molding sands. The most common sands are silicas for their economical. In particular, sands used in the Czech Republic are described, there is also a sand quarry with non-Europe distribution. Sadly, they have also many defects which limit to their use. In these cases we use non-silica sands. The most popular non-silica sands are outlined, including currently expanding synthetic sands. There are also listed some basic data and properties, for example, fitness for purpose.

Keywords

Silica, non-silica, synthetic sands, foundry moulds materials

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

FÚSEK, J. *Ostřiva slévárenských formovacích a jádrových směsí*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 38 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Cupák, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Ostřiva slévárenských formovacích a jádrových směsí** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....
Datum

.....
Jakub Fúsek

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Cupákovi, Ph.D. za odborné vedení, za vstřícný přístup a cenné rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD	9
1 SLÉVÁRENSKÉ FORMOVACÍ A JÁDROVÉ SMĚSI	10
1.1 Vlastnosti slévárenských formovacích směsí	10
1.1.1 Fyzikální vlastnosti slévárenských směsí	10
1.1.2 Chemické vlastnosti slévárenských směsí	11
1.1.3 Technologické vlastnosti slévárenských směsí.....	11
1.2 Ostřivo	11
1.2.1 Granulometrické vlastnosti ostřiva	12
1.3 Pojivo	13
1.4 Pomocné formovací látky - přísady	13
2 KŘEMENNÁ OSTŘIVA	14
2.1 Základní charakteristiky	14
2.2 Požadavky kladené na křemenná ostřiva	15
2.3 Nevýhody křemenných ostřív	15
2.4 Česká a slovenská křemenná ostřiva	16
2.4.1 Střeleč	16
2.4.2 Šajdíkové Humence	17
2.4.3 Provodín.....	18
2.5 Další evropská a světová křemenná ostřiva.....	19
2.5.1 Křemenný písek firmy SAND TEAM.....	19
2.5.2 Grudzeń Las	20
2.5.3 Szczakowa	20
2.5.4 Cape Flattery.....	21
2.6 Křemenná ostřiva - shrnutí	22
3 NEKŘEMENNÁ OSTŘIVA	24
3.1 Ostřiva neutrálního charakteru.....	24
3.1.1 Šamot	24
3.1.2 Zirkon.....	25
3.1.3 Olivín	26
3.1.4 Chromit	26

3.1.5 Ostřiva s vysokým obsahem Al_2O_3 - aluminosilikáty	27
3.2 Ostřiva zásaditého charakteru	27
3.2.1 Magnezit	27
3.3 Ostřiva speciální a umělá	28
3.3.1 Kerphalite KF	28
3.3.2 CERABEADS	29
3.3.3 Grafít	29
3.3.4 Kovová ostřiva	30
3.3.5 LK - SAND	30
3.3.6 Solná jádra	31
3.2 Nekřemenná ostřiva - shrnutí	32
ZÁVĚR	34
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	35
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	37
SEZNAM PŘÍLOH	38

ÚVOD

Slévárenství je nedílnou složkou při výrobě součástí pro většinu strojírenských odvětví. Počátky slévárenství jsou mapovány do doby před více než 5000 lety, spojenou s kulturami jako stará Mezopotámie a stará Persie, kdy byly taveny kovy s nízkou tavitelností (bronz, cín). V průběhu historie došlo v tomto výrobním odvětví k velkému vývoji, který i nadále probíhá. Důležitým okamžikem je období od 18. století nazývané jako Průmyslová revoluce. V této době vzniklo mnoho technických novinek a postupně se začala rozšiřovat hromadná výroba. V současnosti, především zásluhou sériové výroby, různých druhů technologií odlévání, pestrosti vlastností používaných materiálů a možnosti mechanizace a automatizace, je umožněna vysoká produktivita výroby, výroba odlitků různých vlastností, velikostí a tvarů, které by nebylo možno jinou výrobní technologií vyrobit vůbec, nebo by to bylo velmi finančně nákladné.

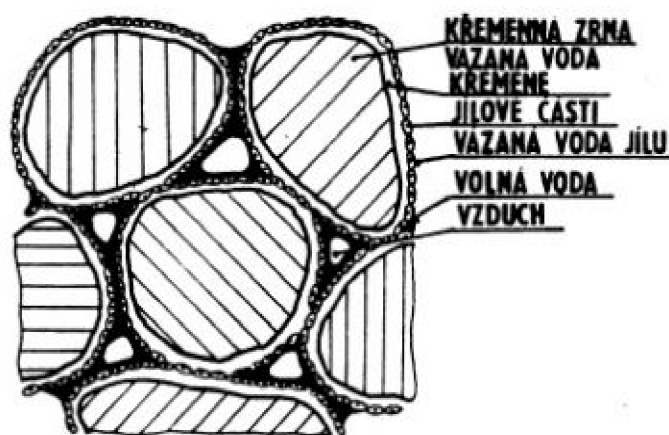
Při výrobě odlitků je nutné daný kov nebo slitinu nejprve roztavit a následně odlít či vtlačit do vhodné formy, která má dutinu ve tvaru budoucího výrobku s přídatkem na smrštění. V závislosti na použité technologii odlévání získáváme polotovary určené k dalšímu opracování nebo již hotový výrobek. Celkový proces návrhu a následné výroby odlitku je složitá záležitost. V potaz se musí brát spousta požadavků, jako zvolení nejvhodnějšího výrobního procesu a minimalizace výrobních nákladů při dodržení požadované kvality a přesnosti povrchu odlitku. Rovněž se snažíme snížit množství odpadu na minimum, s čímž souvisí regenerace a recyklace slévárenských odpadů. Pro hlubší porozumění problematice slévání je tedy nutné mít znalosti v mnoha souvisejících oborech, kterým je například materiálové inženýrství. Pro ideální odlitek je většinou nutná spolupráce několika odborníků, jako jsou konstruktér, technolog, metalurg, chemik, modelář, formíř, slévač, kontrolor a další.

Proces návrhu odlitku zahrnuje nemalým dílem i volbu vhodné formovací směsi. Její hlavní objemové zastoupení představuje zrnitý materiál nazývaný ostřivo, jež je hlavní náplní této bakalářské práce. Volba vhodného ostřiva je ovlivněna mnoha faktory, mezi které řadíme: cenovou dostupnost ostřiva, tvar a tloušťku stěn budoucího odlitku, druh odlévaného materiálu, druh pojivové soustavy a další. V současnosti jsou stále nejpoužívanějším ostřivem křemenné písky a to především z důvodu rozšíření křemene v přírodě, s čímž souvisí jeho přijatelná cena. Mají bohužel také řadu negativních vlastností a jsou zdravotně závadné, a proto se někdy na jejich místě nebo v kombinaci s nimi využívá ostřiv nekřemenných a umělých.

V této bakalářské práci je zmapován přehled nejpoužívanějších slévárenských ostřiv křemenných, nekřemenných i umělých. Jsou zde obsažena ostřiva původem z České republiky i z dalších států Evropy a pro porovnání je zmíněn i křemenný písek velmi vysoké kvality z pískovny v Austrálii, která je známa největší těžbou na světě. Popisují se zde jejich vlastnosti s důrazem na výhody, vhodnost využití, chemickou skladbu a další charakteristiky, které jsou uvedeny v tabulkách u daného ostřiva a v některých případech i v technických listech v přílohách práce.

1 SLÉVÁRENSKÉ FORMOVACÍ A JÁDROVÉ SMĚSI

Formovací směs je hmota pro výrobu slévárenských forem a jader. Její hlavní složky jsou ostřívo a pojivo. Ostřívo tvoří největší podíl, který dosahuje až 98 % objemu směsi. Jedná se o zrnitý, žáruvzdorný materiál o velikosti částic přesahující 0,02 mm. Pojivo je látka nebo směs látek, dodávající směsi vlastnosti jako jsou vaznost, pevnost po vysušení i za vysokých teplot. Kromě těchto základních složek směs obsahuje také vodu a další pomocné látky rovněž ovlivňující vlastnosti směsi, souhrnně značené jako přísady. Formovací směsi dělíme podle různých kritérií, tím nejčastějším je metoda výroby formy. Podle tohoto kritéria jsou děleny na směsi I., II., III. a IV. generace [1,2,3]. Schéma formovací směsi je znázorněno na obr. 1.



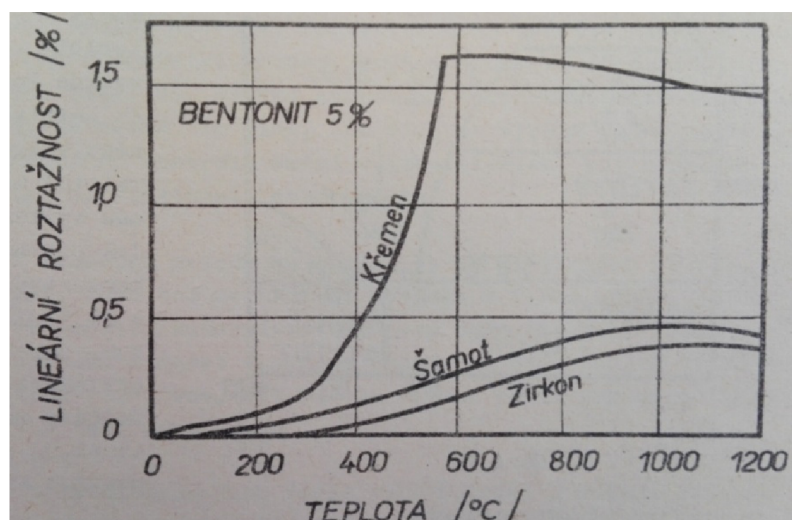
Obr. 1 Schéma formovací směsi [4].

1.1 Vlastnosti slévárenských formovacích směsí

Ideální formovací směs je levná, dostatečně plynná nebo tekutá, má vysokou rychlost tuhnutí a zaručuje vysokou pevnost. Má také dostatečnou prodyšnost, je chemicky netečná, nesmáčivá a je možné její opětovné použití bez nutnosti regenerace. Je zřejmé, že v současné době neexistuje směs, která by dokonale splňovala všechny ideální požadavky, nicméně je řada směsí, které se v některých směrech přibližují vlastnostem těchto směsí, mimo ně mají však nevýhody, které jejich použití omezují. Požadovaných vlastností formovacích směsí dosahujeme pomocí různých technologií výroby forem a odlitků [2].

1.1.1 Fyzikální vlastnosti slévárenských směsí

Z fyzikálních vlastností jsou u formovacích směsí rozhodující vlastnosti tepelné, jež určují rychlost odvodu tepla z taveniny. Rychlost odvodu tepla ovlivňuje důležité vlastnosti budoucího odlitku, jako jsou průběh krystalizace a konečná struktura odlitku. Z tepelných charakteristik jsou nejdůležitější tepelná vodivost a teplotní roztažnost. Součinitel tepelné vodivosti vzrůstá u většiny směsí se zvyšující se teplotou zahřívání, výjimkou jsou pouze směsi s ostřivem korundovým a magnezitovým. Jak jde vidět na obr. 2, lineární teplotní roztažnost u křemenných ostřiv nemá při zvyšování teploty rovnoměrný průběh. Způsobeno je to polymorfními přeměnami jednotlivých krystalických modifikací [2].



Obr. 2 Průběh lineární teplotní roztažnosti různých druhů ostřiv [2].

1.1.2 Chemické vlastnosti slévárenských směsí

Při tavení kovu vzniká struska. Kysličníky tvořící se v kovu při tavení a odlévání přicházejí do kontaktu s formovací směsí a vstupují s ní do chemické reakce. Při styku směsi s tekutým kovem vznikají plyny a vodní pára a reagují spolu. Následkem toho se na povrchu dutiny formy vytváří produkty reakcí a vzájemného působení. Tyto produkty v závislosti na své viskozitě a schopnosti difúze buď pronikají do podpovrchových vrstev formy, nebo jsou odnášeny tekutým kovem. Po odlití a vychladnutí odlitku je možné sledovat v určité vrstvě písku přilehlé k povrchu odlitku zcela změněné vlastnosti. Tato masa má charakteristickou šedou barvu a je lesklá. V některých případech je nutné ji speciálně odstranit [2].

1.1.3 Technologické vlastnosti slévárenských směsí

Technologické vlastnosti formovacích směsí se často dělí do 3 skupin a to podle etap výroby slévárenské formy. Jedná se o:

- vlastnosti směsi za syrova - Tyto vlastnosti ovlivňují jakost vyrobeného odlitku a postup výroby formy a využitou formovací technologii.
- vlastnosti směsi po chemickém zpevnění či vysušení - Určují mechanické vlastnosti a kvalitu vyrobených forem a jader.
- vlastnosti směsi během působení vysokých teplot tekutého kovu - Jedny z nejdůležitějších vlastností, ovlivňují výslednou jakost odlitku [2].

1.2 Ostřivo

Ostřivo je hlavní hmotnostní fází formovacích směsí a určujícím činitelem mnoha jejich vlastností. Tyto vlastnosti jsou dány chemickým a mineralogickým složením ostřiva a jemnostním rozdělením jeho částic o různé velikosti a tvaru [1,2].

Ostřiva lze dělit různými způsoby, mezi nejdůležitější patří rozdělení podle chemického složení. Dle tohoto kritéria dělíme ostřiva na ostřiva kyselého charakteru (př. křemen), ostřiva zásaditého charakteru (př. magnesit, chrommagnesit), ostřiva neutrálního charakteru (př. korund, šamot) a ostřiva speciální a umělá (př. kovová ostřiva, struskový písek) [3,5].

1.2.1 Granulometrické vlastnosti ostřiva

Granulometrická skladba ostřiva a její změny mají zásadní vliv na vlastnosti formovacích směsí. Disperzita pískového systému, která je ovlivněna různým tvarem a rozložením částic, je vyjádřena několika pojmy [2].

- Zrnitost

Jde o vlastnost udávající stupeň rozpojení písku. Její určení se provádí nejčastěji na základě síťového rozboru. Znázorňuje se nejčastěji prostřednictvím součtové křivky zrnitosti [2].

- Velikost částic

Je definována dvěma způsoby:

- a) jako průměr myšlených kulových zrn, jež mají stejný objem jako zrna skutečná, či
- b) jako průměr myšlených kulových zrn, která mají stejnou usazovací rychlost jako skutečná zrna pískového systému [2].

- Střední velikost zrna d_{50}

Jedná se o statistický průměr velikostí jednotlivých zrn nebo tříd velikostí. Při síťovém rozboru odpovídá střední velikost zrna velikosti ok síta, na kterých se zachytí 50 % ostřiva - průměrná zrnitost [2].

- Obsah zemitého pojiva

Definován jako podíl písku s maximální velikostí zrn 0,02 mm [2].

- Číslo stejnoměrnosti

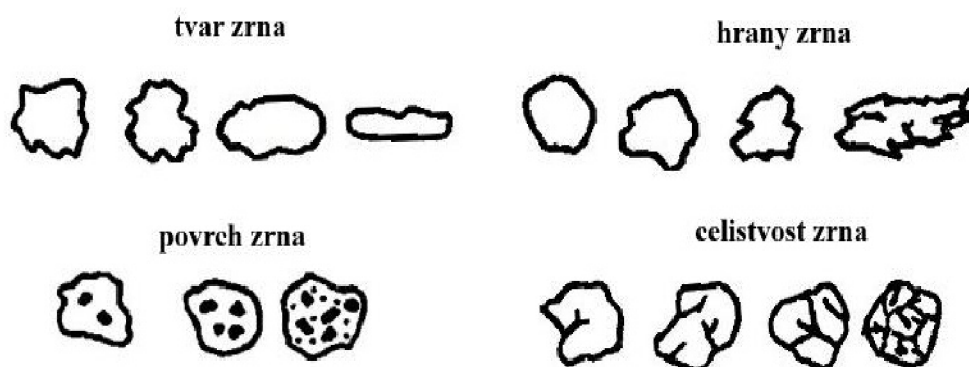
Toto číslo se určuje jako podíl d_{75} a d_{25} , tedy jako průměry zrn odpovídající velikosti ok síta, na kterých je zachyceno 75 %, respektive 25 % částic ostřiva. Čím víc se blíží číslo stejnoměrnosti hodnotě 1, tím je ostřivo stejnoměrnější [2,3].

- Číslo zrnitosti AFS

Jedná se o bezrozměrnou hodnotu, která určuje přibližný počet otvorů síta (připadajících na 1 čtvereční palec), kterými by prošel písek, za předpokladu stejné velikosti všech zrn [2].

- Tvar a povrch zrna

Většina slévárenských písků byla po svém vzniku přenášena různými způsoby na velké vzdálenosti. Při těchto přesunech byl jejich povrch různě upravován, zrna byla tříděna, obrušována a drcena. V závislosti na jejich původu se písky dělí podle: tvaru zrna, hran zrna, povrchu zrna a celistvosti zrna. Schematické znázornění zrn dle tohoto dělení je na obr. 3 [2,3].



Obr. 3 Tvar a povrch zm [3].

1.3 Pojivo

Pojivo je složka formovací směsi, která vytváří vazbu mezi jednotlivými zrny pískového systému. Tato vazba může působit v surovém stavu po rozmíchání ostřiva a pojiva, tak i po fyzikálním či chemickém zásahu z vnějšího prostředí. Vazba ostřiva s pojivem je dána velikostí adhezních sil mezi jednotlivými povrchy a velikostí sil kohezních, které jsou určeny vnitřní pevností daného typu pojiva.

Dělení pojiv je možné podle mnoha hledisek. Nejběžnější způsob dělení slévárenských pojiv je dle jejich původu na pojiva:

- organická,
- anorganická.

Organická pojiva tvoří širokou oblast formovacích materiálů. Patří mezi ně například umělé pryskyřice, oleje a sacharidy. Jsou charakterizována vysokou tekutostí za syrova, dobrou rozpadavostí po odlití a značným vývinem plynů při lití.

Anorganická pojiva jsou minerálního původu a udělují směsi vaznost v surovém stavu a vytvrzení po chemickém nebo fyzikálním zpevnění. Patří sem hlavně jíly, sádra, cement a vodní sklo. Tato pojiva jsou vhodná pro lití za syrova. Vytváří málo plynů při lití, po odlití však mají zhoršenou rozpadavost [2,6].

1.4 Pomocné formovací látky - přísady

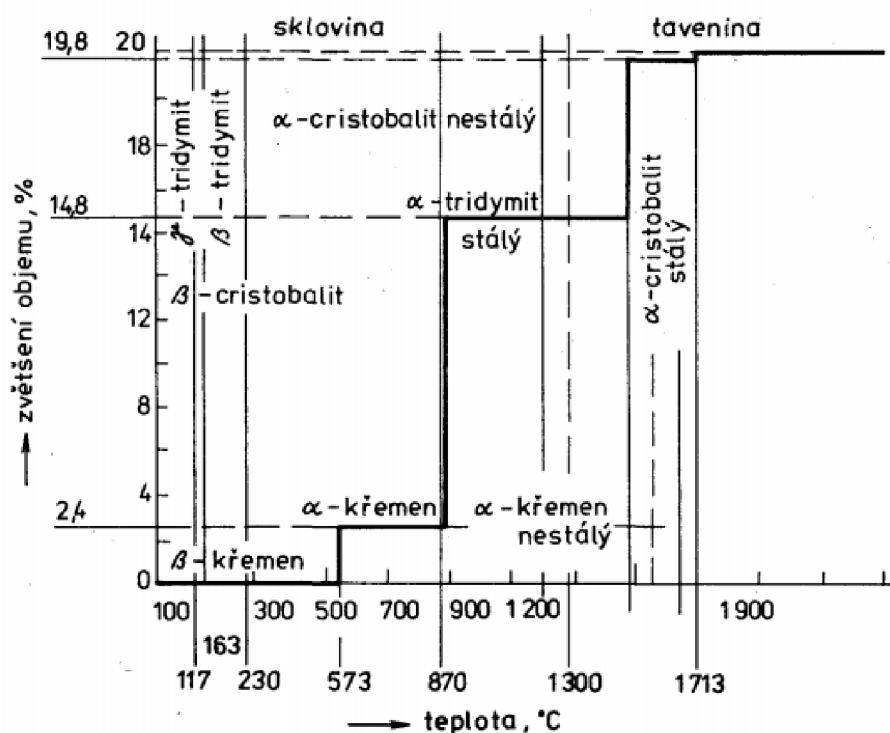
Do skupiny přísad řadíme látky, které upravují a zlepšují některé užité vlastnosti formovacích nebo jádrových směsí, případně také již hotových forem. Často se dělí do skupin jako: přísady zlepšující povrch odlitku (černouhelná moučka, mazut, aj.), přísady k povrchové úpravě forem (nátěry forem), přísady upravující technologické vlastnosti formovací směsi (organické polymery, látky snižující pnutí ve formě, aj.) a přísady snižující adhezi pojiva k povrchu modelu (jemně mletý vápenec, silikonový olej, nafta, aj.) [2,3,4].

2 KŘEMENNÁ OSTŘIVA

2.1 Základní charakteristiky

Křemen (oxid křemičitý - SiO_2) je hlavní součástí křemenných písků (ostřiv). Jedná se o nejrozšířenější minerál v přírodě, z čehož plyne i jeho hlavní výhoda - nižší náklady na jeho získání oproti dalším ostřivům. Nachází se ve vhodném zrnění pro slévárenské účely. Teplota tavení se pohybuje okolo $1700\text{ }^\circ\text{C}$, což je teplota vhodná pro výrobu forem a jader k odlévání většiny slévárenských slitin. Měrná hmotnost se pohybuje okolo 2650 kg/m^3 . Mimo tyto příznivé vlastnosti má oxid křemičitý také vlastnosti méně vhodné. Jde o kyselou sloučeninu, která reaguje se zásaditými látkami, což může vést například ke snížené žáruvzdornosti. Další nevýhodou, která se projevuje při ohřevu, jsou polymorfní přeměny, jež způsobují poruchy celistvosti formy objemovými změnami.

Oxid křemičitý existuje v několika krystalických a v jedné amorfní modifikaci. Bezvodý SiO_2 známe v modifikacích: α a β křemen, α a β cristobalit, α , β a γ tridymit a křemenné sklo. Nejrozšířenější forma v přírodě je β -křemen. Má podobu křemenných písků, různých druhů křišťálů, pískovců, či jako příměs v jílech. Při teplotě $573\text{ }^\circ\text{C}$ se přeměňuje v α -křemen. Objemové změny při polymorfních přeměnách křemene jsou znázorněny na obr. 4 [1,2,3].



Obr. 4 Objemové změny při polymorfních přeměnách křemene [2].

Povrch chemicky neupravovaných a netříděných křemičitých písků bývá většinou povlečen přírodními jíly, hydroxidem železitým, hlinitým či hydratovaným křemenem. Tato vrstva je sice velmi tenká, přesto má však značný vliv na přilnavost pojiv. Očištění povrchu křemenných zrn lze provést cestou chemickou, tepelným zpracováním, otíráním zrn nebo prostým praním [1,2].

Křemenné písky lze dělit několika způsoby, jedním z nich je podle způsobu vzniku. Dle tohoto dělení rozlišujeme písky:

- váté

Vyznačují se vysokou kulatostí zrn, která je výsledkem obrušování a eroze při vzdušném a vodním transportu ze značných dálek. Obvykle jsou dobře vytríděné a mají vysoký podíl křemene.

- mořské

Vznikají v částech oceánů, jako jsou pobřeží nebo šelfy.

- říční

Jsou špatně vytríděné sedimenty tvořící náplavy. Uplatnění najdou většinou u rozměrnějších litinových odlitků.

- glacifluviální a glacialakustrinní

Tyto písky vznikají při součinnosti řek a jezer s ledovci [3].

2.2 Požadavky kladené na křemenná ostřiva

- vysoká mineralogická čistota (obsah SiO_2 větší než 95 %)
- pravidelný a málo hranatý tvar zrn
- co nejnižší koncentrace jemných podílů
- s výjimkou masivních odlitků by zrna neměla být hrubší než 0,6mm
- vysoce aktivní povrch zrn, bez povlaků
- zpravidla u písků pro ocel by měl být minimální obsah živců (snižují teplotu spékání) do 1 % [1,2]

2.3 Nevýhody křemenných ostřiv

Zvýšená reaktivnost za vysokých teplot s oxidy železa

Jelikož je křemen kyselá sloučenina, reaguje s látkami zásaditými za vzniku sloučenin o nižší žáruvzdornosti, což může vést ke vzniku zapečenin (povrchových vad).

Příkladem je reakce oxidu křemičitého SiO_2 s oxidem železnatým FeO , kdy se tvoří fayalit: $2 \text{FeO} + \text{SiO}_2 \rightarrow 2 \text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$, a také reakce s oxidem manganatým MnO za vzniku rodonitu MnSiO_3 [1,2,3].

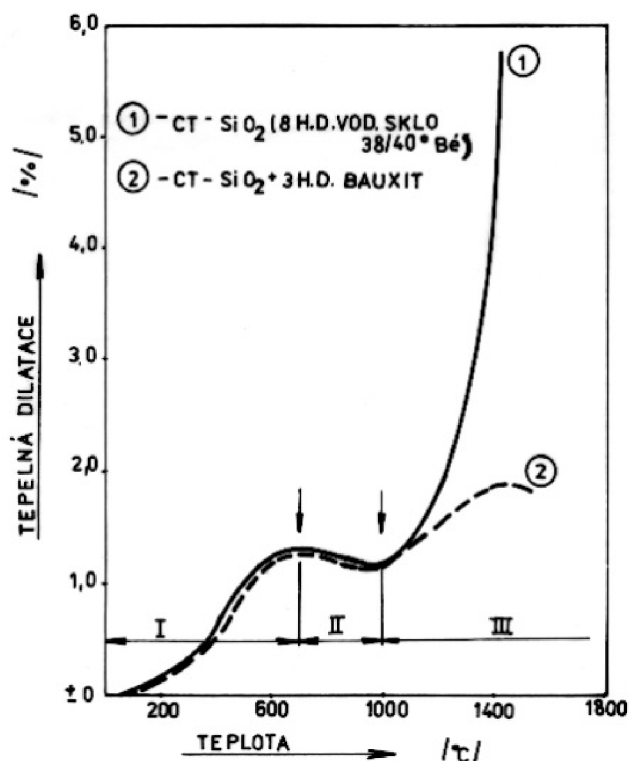
Cristobalitická expanze

Přeměnou SiO_2 v cristobalit dochází ke změně v krystalové mřížce (z hexagonální na krychlovou). Při rovnovážné teplotě 1050 - 1100 °C dochází k nárůstu objemu až o 15,7 %. Cristobalitická expanze je urychlována kationty (K^+ , Na^+) a naopak ji lze zpomalit pomocí některých oxidů (např. oxid hlinitý - Al_2O_3). Důsledkem tohoto děje je zhoršená čistitelnost jader, rozměrová a tvarová nepřesnost tepelně namáhaných jader [1,2,3].

Neplýnulá tepelná dilatace

Vratná změna dilatace směsi do 700 °C je způsobena vratnou změnou modifikace SiO_2 . Při teplotě nad 700 °C dojde již k mírnému smrštění směsi a při teplotách 900 - 1000 °C k trvalému expanznímu růstu směsi, která dosahuje při 1400 °C přibližně 15 % objemové dilatace. Průběh je znázorněn na obr. 5. Největší napětí vzniká u písků s kulatými zrny.

Důsledkem dilatace dochází k nárůstu napětí ve formě, což vede ke vzniku vad na povrchu odlitku a vznikají výronky a záluhy [1,2,3].



Obr. 5 Znárodnění průběhu tepelné dilatace křemenného písku [1].

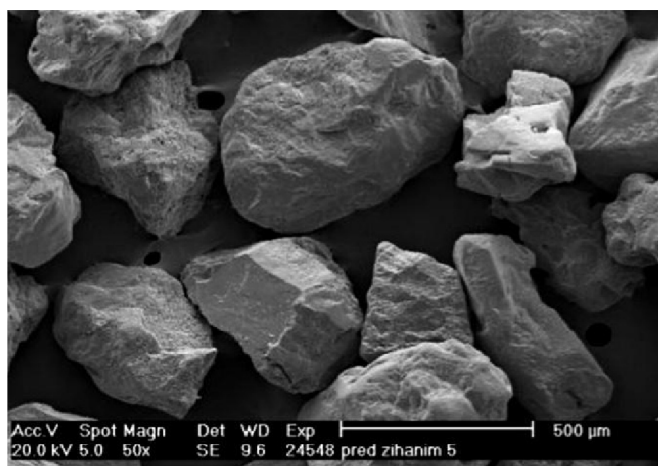
Zdravotní riziko - silikóza

Jedná se o usazování oxidu křemičitého v plicích. Vzniká při dlouhodobém kontaktu s křemičitým prachem. Projevuje se problémy s dýcháním, kašlem, únavou a může vést až k rakovině plic.

2.4 Česká a slovenská křemenná ostřiva

2.4.1 Střeleč

Těžba písku v současné době využívaném ložisku ve Střelci začala ve 20. letech 20. století. V oblasti výrobní kapacity a objemu prodaných písků patří mezi největší dodavatele ve střední Evropě. Jedná se o slévárenské písky s vysokým obsahem SiO_2 , které jsou výbornou surovinou pro výrobu pískových jader, pro lití do pískových forem a pro odlévání metodou přesného lití. Kromě svého vysokého obsahu SiO_2 se tyto písky vyznačují ostrohrannými zrnky (obr. 6) a nízkým obsahem Fe_2O_3 . Ceněná je vysoká chemická čistota a příznivá zrnitost. Písky pro slévárenské účely jsou značené ST 52-56, liší se v základních parametrech [2,5,7]. Tyto parametry jsou uvedeny v tab. 1.



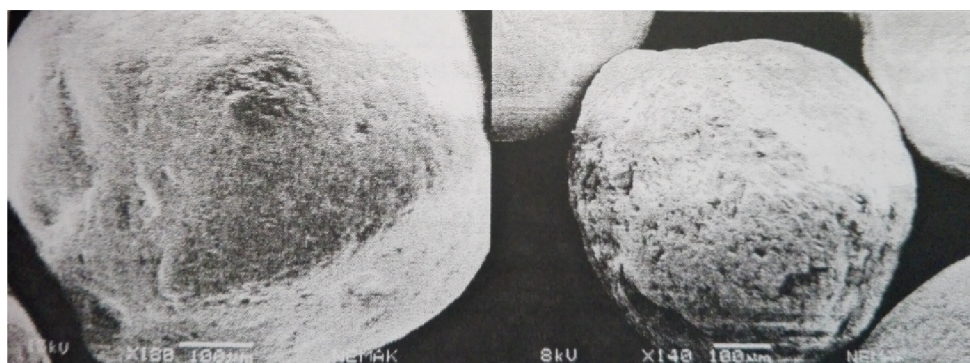
Obr. 6 Tvar pisku Střeleč [8].

Tab. 1 Parametry a chemické složení ostřiva Střeleč [7,9].

Parametry a chemické složení ostřiva Střeleč					
označení písku	ST 52	ST 53	ST 54	ST 55	ST56
velikost středního zrna [mm]	0,32	0,27	0,22	0,16	0,14
SiO ₂ [%]	99,3	99,2	99,2	99,0	99,0
Fe ₂ O ₃ [%]	0,04	0,04	0,04	0,07	0,09
AFS [-]	51	56	66	89	125
hodnota pH [-]	7,0	7,5	7,4	7,8	7,5
sypná hmotnost [t/m ³]	1,55	1,55	1,54	1,50	1,50
tvrdost [mohs]	7				
tepelná degradace [°C]	1550	1550	1550	1550	1550
ztráty žiháním [%]	0,11	0,22	0,22	0,25	0,26

2.4.2 Šajdíkové Humence

Slovenské písky Šajdíkové Humence patří mezi jedny z nejkvalitnějších křemenných písků v Evropě. Jde o váté písky, jejichž ložiska se nacházejí v oblasti moravsko-slovenského pomezí při dolním toku Moravy a Myjavy. Tato ostřiva se vyznačují vysokou kulatostí zrn (obr. 7), což je způsobeno obrušováním a erozí při vzdušném a vodním transportu ze značných dálek. Ložisko je tvořeno písky, které jsou rozloženy na velké ploše a vytvářejí duny a přesypy o mocnosti až 30 metrů. Těžba písku je realizována přibližně půl metru nad hladinou vody, případně i pod hladinou (v oblastech s vyššími zásobami). Těžba pod hladinou má příznivější dopad na životní prostředí [1,10,11]. Chemické složení a vlastnosti křemenného ostřiva Šajdíkové Humence značeného SH 32, SH 33, SH 34 jsou uvedeny v tab. 2.



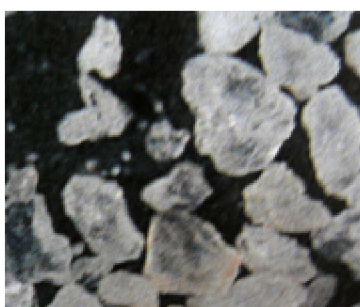
Obr. 7 Tvar křemenného písku Šajdíkové Humence SH 32 [10].

Tab. 2 Parametry a chemické složení ostríva Šajdíkové Humence [10,11].

Parametry a chemické složení ostríva Šajdíkové Humence			
označení písku	SH 32	SH 33	SH 34
velikost středního zrna [mm]	0,38	0,29	0,24
SiO ₂ [%]	98,0	97,4	97,0
Fe ₂ O ₃ [%]	0,16	0,17	0,19
Al ₂ O ₃ [%]	1,4	1,5	1,9
AFS [-]	34	46	56
sytná hmotnost [t/m ³]	1,5	1,5	1,5
max. ztráty žiháním [%]	0,3	0,3	0,3

2.4.3 Provodín

Ložisko ostríva Provodín, ležícího jižně od České Lípy, vzniklo asi před 100 miliony let. Zrna písku jsou charakteristická zaoblenými hranami (obr. 8), vysokou žáruvzdorností a jsou zpevněna jílovými pojivy do světle šedé pískovcové vrstvy s mocností nad 50 m. Vysoká chemická i mineralogická čistota činí z provodínského písku vysoce kvalitní materiál. Zdejší písky určené pro slévárenské účely jsou značené PR 30 až PR 33 a liší se především v rozsahu zrnitosti a ve střední velikosti zrna [2,12]. Základní parametry a chemické složení písků Provodín je uvedeno v tab. 3.



Obr. 8 Tvar křemenného písku Provodín [1].

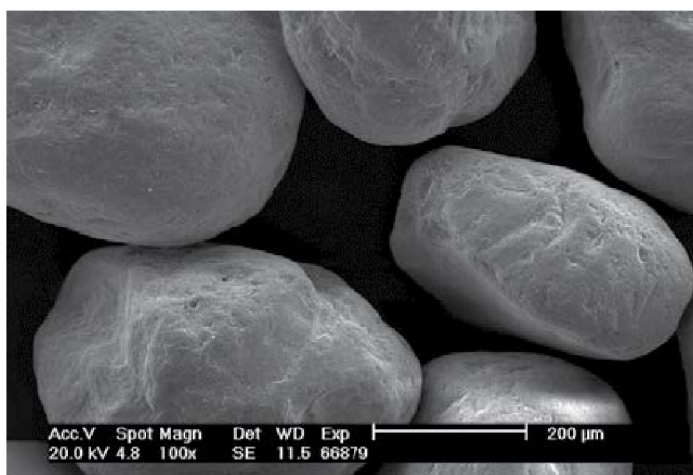
Tab. 3 Parametry a chemické složení ostřiva Provodín [12].

Parametry a chemické složení ostřiva Provodín				
označení písku	PR 30	PR 31	PR 32	PR 33
velikost středního zrna [mm]	0,75	0,38	0,34	0,30
SiO ₂ [%]	99	99	99	99
Fe ₂ O ₃ [%]	0,03	0,03	0,03	0,03
Al ₂ O ₃ [%]	0,30	0,30	0,30	0,30
AFS [-]	18	38	43	48

2.5 Další evropská a světová křemenná ostřiva

2.5.1 Křemenný písek firmy SAND TEAM

Firma SAND TEAM, spol. s r.o. dodává do ČR písky norského nadnárodního producenta SIBELCO. Tyto křemenné písky mají vysoký obsah SiO₂, vysokou teplotní odolnost a jsou vhodné pro odlévání všech kovů a ocelí. Velkou výhodou zrna tohoto křemenného písku je jeho oblý tvar (obr. 9) a to z důvodu vyšší odolnosti proti otěru a vyšší odolnosti v tlaku za působení tepla. Tyto písky se značí písmeny SP následovanými dvojcíslím (viz tab.). Jejich parametry jsou uvedeny v tab. 4 [13].



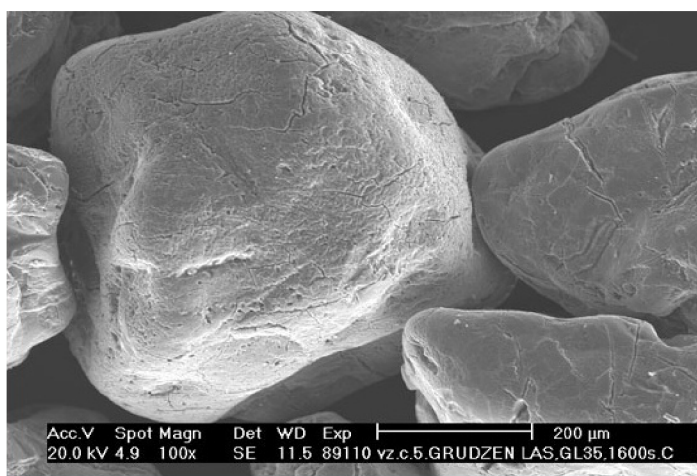
Obr. 9 Tvar křemenného písku firmy SAND TEAM [13].

Tab. 4 Parametry a chemické složení křemenného písku firmy SAND TEAM [13].

Parametry a chemické složení křemenného písku firmy SAND TEAM				
označení písku	SP 35	SP 31	SP 28	SP 22
velikost středního zrna [mm]	0,33 - 0,37	0,29 - 0,33	0,24 - 0,28	0,20 - 0,24
SiO ₂ [%]	98,3	98,3	98,3	98,3
Fe ₂ O ₃ [%]	0,15	0,15	0,15	0,15
obsah uhličitanů [%]	0,15	0,15	0,15	0,15
obsah vyplavitelné látky [%]	0,26	0,30	0,20	0,10

2.5.2 Grudzeń Las

Území těžby se rozkládá na území Polské republiky v Lodžském vojvodství. Těžba písku určeného ke slévárenským účelům na tomto území započala přibližně v 30. letech 20. století. Slévárenské písky z Grudzeń Las se vyznačují oválným tvarem (obr. 10), vysokou teplotní odolností a vysokým obsahem SiO_2 - nad 99,2 %, díky čemuž je jejich hlavní využití při odlévání odlitků z oceli. Zajišťují také kvalitní povrch odlitků, jak z šedé, tak i tvárné litiny a neželezných kovů. Kombinací tvaru a hladkosti povrchu zrn se značně snižují náklady na pojiva s bentonity [14]. Některé parametry a chemické složení ostřiva Grudzeń Las jsou uvedeny v tab. 5.



Obr. 10 Tvar křemenného ostřiva Grudzeń Las [14].

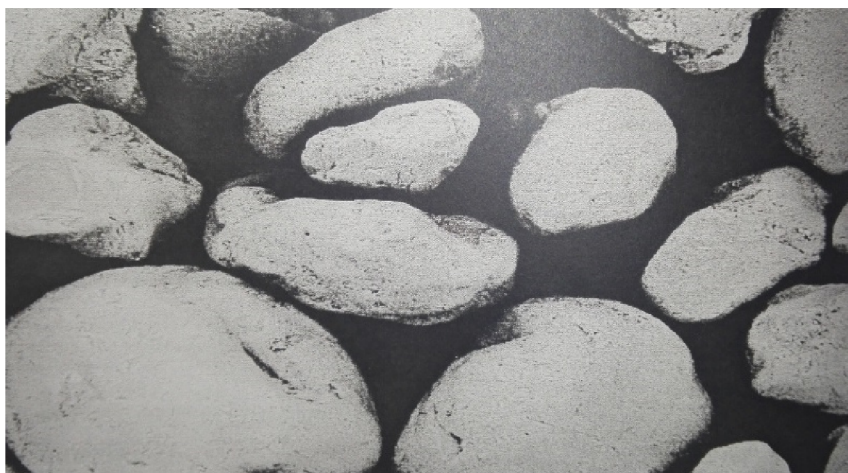
Tab. 5 Parametry a chemické složení křemenného ostřiva Grudzeń Las [14].

Parametry a chemické složení křemenného ostřiva Grudzeń Las			
označení písku	GL 21	GL 30	GL 35
velikost středního zrna [mm]	0,20 - 0,24	0,28 - 0,32	0,35 - 0,40
SiO_2 [%]	min. 99,2		
Fe_2O_3 [%]	max. 0,07		
Al_2O_3 [%]	max. 0,20		
tepelná degradace [°C]	min. 1550		

2.5.3 Szczakowa

Jde o dalšího zástupce křemenných slévárenských písků z Polska, zároveň se jedná o největší polskou pískovnu. Ložiska se nachází v průmyslové oblasti Horní Slezsko. Zdejší písky dosahují vysokých kvalit, obsah SiO_2 přesahuje 98 %. Zrna jsou hladká, pravidelného a zakulaceného tvaru (obr. 11).

Stejně jako u dalších ostřiv, i zde má velký vliv třídění zrn. U písků ze stejné lokality se procesem třídění (zejména odstraňováním podílů větších než 0,5 mm) zásadně mění střední velikost zrna d_{50} a pravidelnost zrnitosti. Výběr písku závisí na potřebách sléváren pro konkrétní odlitky, avšak netříděné písky jsou v každém případě levnější než v současné době dodávané písky tříděné [9,15]. Srovnání základních parametrů tříděných a netříděných písků Szczakowa je uvedeno v tab. 6.



Obr. 11 Zrna písku Szczakowa – 100 x zvětšeno [9].

Tab. 6 Porovnání písku Szczakowa netříděný x tříděný [9].

Písek Szczakowa netříděný x tříděný		
	netříděný	tříděný
sypná objemová hmotnost [g/cm^3]	1585	1530
AFS [-]	47,4	53,1
d_{50} [mm]	0,315	0,255
d_{75} [mm]	0,226	0,206
d_{25} [mm]	0,438	0,317
podíl oštriva pod 0,1mm [%]	3,46	1,31
pravidelnost zrnitosti d_{75}/d_{50} [%]	51,5	65,0

2.5.4 Cape Flattery

Zástupce křemenných písků s ložiskem v Austrálii. Jedná se o nejproduktivnější ložisko na světě a většina zdejšího písku je exportována mimo Austrálii. Zdejší písek je výborný jak pro slévárenský, tak sklářský průmysl. Charakteristický je velmi vysokou chemickou čistotou a zaoblenými hranami zrn (obr. 12). Oštrivo je vhodné pro odlévání všech kovů a oceli [16].



Obr. 12 Tvar oštriva Cape Flattery [16].

Tab. 7 Chemické složení křemenného ostřiva Cape Flattery [16].

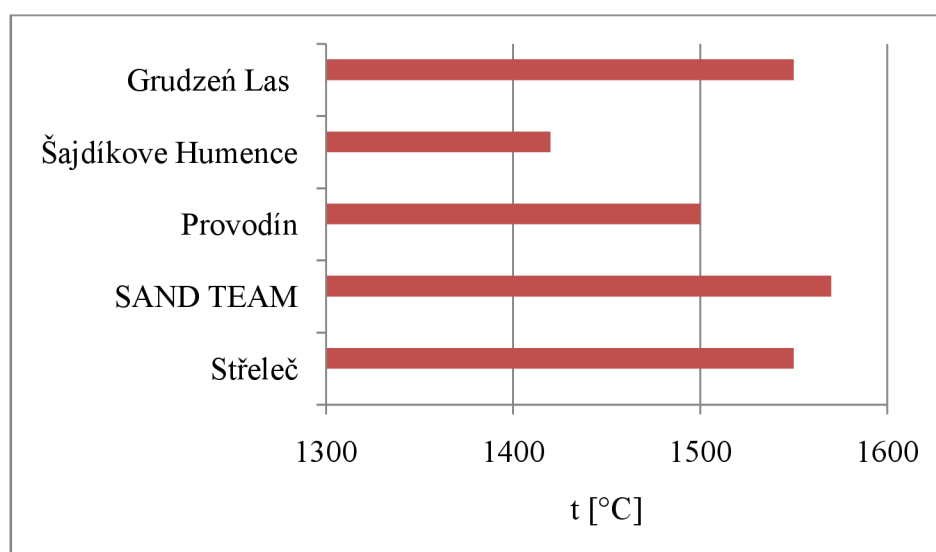
Chemické složení ostřiva Cape Flattery	
SiO ₂ [%]	99,90
Fe ₂ O ₃ [%]	0,020
Al ₂ O ₃ [%]	0,070
TiO ₂ [%]	0,020
CaO [%]	0,003

2.6 Křemenná ostřiva - shrnutí

V tab. 8 jsou shrnuty některé údaje zde zmíněných křemenných ostřiv. Pro přehlednost je vypsán procentuální obsah jejich nejdůležitější složky - SiO₂, která vysoce ovlivňuje vlastnosti těchto ostřiv. Dále tvar zrna, lokalita těžby a nakonec metody lití, případně oblasti využití, ke kterým je dané ostřivo vhodné. Celkově jsou křemenná ostřiva využívána především na odlévání litin a často také ocelí (včetně menších odlitků z ocelí manganových). V grafu 1 je znázorněno grafické porovnání teplot počátku spékání.

Tab. 8 Tabulka souhrnných údajů některých křemenných ostřiv.

	SiO ₂ [%]	tvar zrn	lokalita těžby	metody lití/ oblasti použití
Střeleč ST 52	99,3	hranatý, ostrohranný	ČR - Český ráj	pískové formy a jádra, přesné lití
SAND TEAM	98,3	kulatý	Norsko	lití všech kovů, oceli
Provodín	99	hranatý, zaoblený	ČR – okres Česká Lípa	pískové formy a jádra, tryskání
Šajdíkové Humence	98	kulatý	Slovensko	šedá litina
Grudzeń Las GL 35	99,2	oválný	Polsko	ocel, litina
Cape Flattery	99,9	zaoblený, hranatý	Austrálie	lití všech kovů, oceli
Szczakowa	98,2	zakulacený	Polsko	litina, ocel



Graf 1 Počátek spékání jednotlivých křemenných ostriv.

3 NEKŘEMENNÁ OSTŘIVA

3.1 Ostřiva neutrálního charakteru

3.1.1 Šamot

Šamotem označujeme vypálený žáruvzdorný jíł (lupek), který obsahuje minimálně 30 % Al_2O_3 (při užití plavených kaolínů až 45 %). Další složkou šamotu je SiO_2 , ostatní kysličníky jsou již brány jako znečišťující příměsi. Podle žáruvzdornosti, která závisí především na obsahu Al_2O_3 , dělíme šamot na nízcce žáruvzdorný - do 1670 °C, středně žáruvzdorný - až 1730 °C a vysoce žáruvzdorný - nad 1730 °C. Šamotové ostřivo, charakteristické ostrohranným tvarem (obr. 13), je vhodné pro výrobu forem těžkých ocelových odlitků či odlitků ze šedé litiny a je vhodné především pro organické pojivové systémy. Při ohřevu tekutým kovem neprodělavá polymorfnní přeměny a není náchylné ke tvorbě drsných vyvýšenin na povrchu odlitku. Z důvodu snížení spotřeby pojiva a eliminace problému s rozpadavostí směsi se používá v kombinaci s křemennými ostřivy. K přednostem šamotových ostřiv patří vyšší žáruvzdornost oproti ostřivům křemenným, široké rozmezí velikosti zm, nasákavosti, chemického složení a dalších parametrů, což umožňuje vhodný výběr písku v závislosti na potřebách sléváren [2,17,18,19,20]. Parametry a chemické složení některých ostřiv firmy České lupkové závody, a.s. jsou uvedeny v tab. 9.



Obr. 13 Tvar šamotového ostřiva B 253 [17].

Tab. 9 Parametry šamotového ostřiva firmy České lupkové závody, a.s. [20].

Parametry šamotového ostřiva firmy České lupkové závody, a.s.			
označení	B 252 HR	C 343 HR	A 232 HR
SiO_2 [%]	54,58	56,83	53,44
Al_2O_3 [%]	40,20	37,88	41,85
Fe_2O_3 [%]	2,25	2,15	1,85
nasákavost [%]	3,0	5,2	2,4
objemová hmotnost [g/cm^3]	2,48	2,38	2,50
ztráta žiháním [%]	0,15	0,18	0,15
žáruvzdornost [°C]	min. 1650		

3.1.2 Zirkon

Zirkonový písek, též nazývaný jako zirkonsilikát $ZrSiO_4$, se vyznačuje kulatými zrnky (obr. 14), jejich téměř stejnou velikostí a vysokou chemickou odolností vůči oxidům železa za vysokých teplot. Díky těmto vlastnostem dosahují formovací směsi se zirkonem vysoké pevnosti a je tak možné snížit spotřebu pojiva ve směsi. Má nejnižší tepelnou roztažnost mezi přírodními písky. Zirkonové ostřívo je poměrně drahé, vzhledem k ceně suroviny a díky tomu jeho využití nalézáme zejména u tepelně namáhaných forem a jader. Většina ložisek zirkonu je v zámoří, ale není problém si obstarat zirkonové ostřívo i u nás, například u společnosti FORMSERVIS, spol. s r.o., která dodává do ČR zirkon jihoafrické společnosti Richards Bay Minerals [2,13,21]. Vlastnosti a chemické složení tohoto ostřiva jsou uvedeny v tab. 10 a v tab. 11.



Obr. 14 Tvar zrn zirkonu [17].

Tab. 10 Vlastnosti zirkonového ostřiva [21].

Vlastnosti zirkonového ostřiva	
AFS [-]	113
d_{50} [mm]	0,114
ztráta žíháním [%]	0,30
měrná hmotnost [g/cm^3]	4,2 - 4,8

Tab. 11 Chemické složení zirkonového ostřiva [21].

Chemické složení zirkonového ostřiva	
ZrO_2 [%]	66,0
TiO_2 [%]	0,25
Fe_2O_3 [%]	0,20
SiO_2 [%]	32,70

3.1.3 Olivín

Olivín je přechodná forma křemičitanu hořečnatého. Při pálení přechází v konečný materiál forsterit. Jedná se o izomorfní směs forsteritu Mg_2SiO_4 a fayalitu Fe_2SiO_4 . Je charakteristický zelenou barvou a téměř hranatými zrny (obr. 15). Jedná se o žáruvzdorný materiál s vysokou tepelnou absorpcí a s nízkým koeficientem tepelné roztažnosti. Olivínový písek se používá pro přípravu formovacích směsí s vysokou kvalitou povrchu, k výrobě jader s vysokou pevností a žáruvzdorností a jde také o ideální ostřívo pro nejnáročnější odlitky z manganových ocelí, slitin hliníku a některých typů slitin neželezných kovů. Ložiska olivínu můžeme nalézt například na Slovensku, v Norsku a v Egyptě [1,13,17,21,22]. Chemické složení a vlastnosti ostřiva olivín jsou uvedeny v tab. 12 a v tab. 13.



Obr. 15 Tvar zrna ostřiva olivín [13].

Tab. 12 Vlastnosti ostřiva olivín [21,22].

Vlastnosti ostřiva olivín	
AFS [-]	50
tvrdost [mohs]	6,5 - 7,0
ztráta žíháním [%]	max. 1,0

Tab. 13 Chemické složení ostřiva olivín [21,22].

Chemické složení ostřiva olivín	
MgO [%]	48,5 - 50,0
SiO ₂ [%]	41,5 - 42,5
Fe ₂ O ₃ [%]	6,8 - 7,3
Al ₂ O ₃ [%]	0,4-0,5

3.1.4 Chromit

Chromit $FeCr_2O_4$ - oxid železato-chromitý je krychlový minerál hnědočerné barvy. Vzniká v ultrabazických hlubinných horninách bohatých na olivín. Chromitový písek je žáruvzdorný materiál, který se získává drcením chromitové rudy. Následně se odprašuje a třídí podle zrnitosti. Ve slévárenství je používán zejména díky své vysoké odolnosti proti penetraci a zapékání. Používá se jako žáruvzdorné ostřívo pro tepelně namáhané jádrové a formovací směsi. Mezi přírodními nekřemennými ostřivy má nejvyšší ochlazovací schopnost, je velmi dobře regenerovatelný magnetickou metodou. Oproti zirkonovému písku má hranatý tvar zrn, z čehož plynou jeho odlišné pevnostní a technologické

vlastnosti. Jeho významná ložiska se nachází například v Jihoafrické republice a ve Finsku [1,13,21]. Tvar chromitového ostřiva je na obr. 16. Jeho chemické složení a další parametry jsou uvedeny v tab. 14 a v tab. 15.



Obr. 16 Tvar chromitového zrna [13].

Tab. 14 Vlastnosti chromitového ostřiva [13,21].

Parametry chromitového ostřiva	
AFS [-]	45 - 55
d ₅₀ [mm]	0,27 - 0,35
žáruvzdornost [°C]	min. 1800
sypná hmotnost [kg/m ³]	2700 - 2900

Tab. 15 Chemické složení chromitového ostřiva [13,21].

Chemické složení chromitového ostřiva	
Cr ₂ O ₃ [%]	min. 45
SiO ₂ [%]	0,25 - 1,0
Fe ₂ O ₃ [%]	25,0 - 29,5
Al ₂ O ₃ [%]	15 - 16
MgO [%]	9 - 11

3.1.5 Ostřiva s vysokým obsahem Al₂O₃ - aluminosilikáty

Do skupiny ostřiv s vysokým obsahem Al₂O₃ řadíme především silimanit, který obsahuje přibližně 63 % Al₂O₃, a mullit s obsahem asi 72 %. Silimanit se kromě těžby získává i uměle pálením kaolínu. Rozpadem silimanitu za vysokých teplot vzniká mullit. Tato ostřiva mají vysokou žáruvzdornost, nízkou tepelnou roztažnost, vysokou odolnost proti tepelným šokům a vysokou chemickou odolnost. Využití najde převážně u metody přesného lití a pro keramické formy [2].

3.2 Ostřiva zásaditého charakteru

3.2.1 Magnezit

Jedná se o zásadité ostřivo, které se vyrábí z horniny zvané magnezit - MgCO₃. Čistý magnezit je hnědé barvy a nazývá se uhličitán vápenatý. Jeho vznik byl dán působením roztoků obsahujících kyselý uhličitán vápenatý na vápence a dolomity. Surový magnezit je nejprve pálením zbaven oxidu uhličitého a převeden na oxid hořečnatý (MgCO₃ → MgO + CO₂). Z důvodu typických vlastností oxidu hořečnatého - pohlcuje vodu ze vzduchu a hydratuje, následuje slinutí MgO při teplotách větších než 1400 °C.

Tímto procesem získáme slinutý magnezit s obsahem MgO převyšujícím 85 %, který je nositelem žáruvzdornosti. Je charakterizován vysokou žáruvzdorností nad 2000 °C, vysokou tepelnou odolností vůči zásaditým struskám a taveninám s vysokým obsahem MnO, malou odolností vůči tepelným šokům a jeho tepelná vodivost je vyšší než u křemenných ostřiv. Drcením získáváme zrnitý magnezit na formovací směsi, jehož d_{50} se pohybuje do 0,40 mm. Užití najde například u těžkých odlitků z manganových ocelí a na nátěry forem v jemně mleté formě. Je nekompatibilní s kyselými pojivovými systémy. Směs slinutého magnezitu a kvalitní chromové rudy se nazývá **chrommagnezit**. Toto ostřívo má oproti magnezitu ještě vyšší odolnost proti tepelným šokům a vyšší tepelnou kapacitu i tepelnou vodivost. Jde o velmi kvalitní ostřívo určené pro speciální legované oceli. Stejně jako magnezit je nekompatibilní s kyselými pojivovými systémy [1,2]. Na obr. 17 je znázorněn tvar zrn ostřiva chrommagnezit.



Obr. 17 Tvar ostřiva chrommagnezit [1].

3.3 Ostřiva speciální a umělá

3.3.1 Kerphalite KF

Kerphalite je přírodní hlinito-křemičité ostřívo na bázi minerálu andalusit, charakteristické hranatými zrny (obr. 18). Mezi další důležité charakteristiky patří: nízká lineární tepelná roztažnost, dobrá tepelná vodivost a vysoká žáruvzdornost. Má stabilní chemické a mineralogické složení, neutrální pH a je zcela kompatibilní s křemennými ostřivy. Kerphalite KF je vhodný pro všechny pojivové systémy včetně systémů bentonitových. Lze jej použít pro odlévání všech kovových materiálů. Nezpůsobuje silikózu a je šetrný k životnímu prostředí [5,13]. Parametry ostřiva Kerphalite KF jsou uvedeny v tab. 16 a jeho chemické složení v tab. 17.



Obr. 18 Tvar ostřiva Kerphalite KF [13].

Tab. 16 Vlastnosti ostřiva Kerphalite KF [13].

Vlastnosti ostřiva Kerphalite KF - AFS 60	
d_{50} [mm]	0,17 - 0,28
bod tavení [°C]	min. 1800
sytná hmotnost [g/cm^3]	1,7

Tab. 17 Chemické složení ostřiva Kerphalite KF [13].

Chemické složení ostřiva Kerphalite KF - AFS 60	
Al_2O_3 [%]	61
SiO_2 [%]	38
Fe_2O_3 [%]	0,5
MgO, CaO, K_2O , Na_2O [%]	max. 0,5

3.3.2 CERABEADS

CERABEADS je zástupce uměle vytvořených ostřiv na bázi mulitu = hlinito-křemičitan. Vyznačuje se vysokou teplotní odolností až do 1825 °C, nulovou teplotní expanzí a to i při tepelném namáhání nad 1000 °C. Zrna jsou kulatá (obr. 19), což zajišťuje směsi vysokou pevnost. Díky těmto vlastnostem najde uplatnění při výrobě složitých odlitků z austenitických ocelí a dalších vysoce legovaných slitin. Sytná hmotnost se pohybuje okolo 1,69 g/cm^3 , což umožňuje bezproblémové míšení s křemenným pískem [5,13].



Obr. 19 Umělé ostřivo CERABEADS [13].

3.3.3 Grafit

Důvodem používání grafitu je jeho nízký koeficient tepelné roztažnosti, 3 krát vyšší tepelná vodivost než u křemenných ostřiv a vysoká chemická i korozní stálost. Nejvýhodnější surovinou z hlediska ceny pro výrobu grafitového ostřiva jsou mleté a drcené grafitové kelímky. Při výrobě odlitků z grafitových ostřiv dostáváme vysoce přesné a hladké povrchy [2].

3.3.4 Kovová ostřiva

Přidáním kovových ostřiv do formovací směsi dosáhneme zvýšení tepelné vodivosti formy. Tento druh ostřiv většinou získáváme tříděním z odpadu slévarenských tryskačů. Přednostmi tohoto ostřiva jsou snadná regenerace a dostatečně konstantní vlastnosti. Mezi nevýhody patří vysoká smáčivost taveninou, čemuž se snažíme bránit pomocí nátěrů. Uplatnění je možné pro tzv. magnetické formování [2].

3.3.5 LK - SAND

Jedná se o uměle vyráběné ostřivo s ostrými hranami na bázi hlinito - křemičitanu. Vzniká vypalováním kaolinitického jílu a následným mletím a tříděním. Vyznačuje se podobnou hodnotou nasákavosti, jež mají křemenné písky, díky čemuž je možné jejich míchání. Na rozdíl od křemenných ostřiv má plynulou dilatační křivku, což eliminuje vznik vad na odlitcích. Díky těmto vlastnostem a dobré žáruvzdornosti lze toto ostřivo využít na odlévání všech kovových materiálů. Je šetrné k životnímu prostředí a zdravotně nezávadné [13]. V tab. 18 a v tab. 19 jsou vypsány vlastnosti a chemické složení tohoto ostřiva. Tvar ostřiva je znázorněn na obr. 20.



Obr. 20 Tvar ostřiva LK - SAND [13].

Tab. 18 Vlastnosti ostřiva LK - SAND [13].

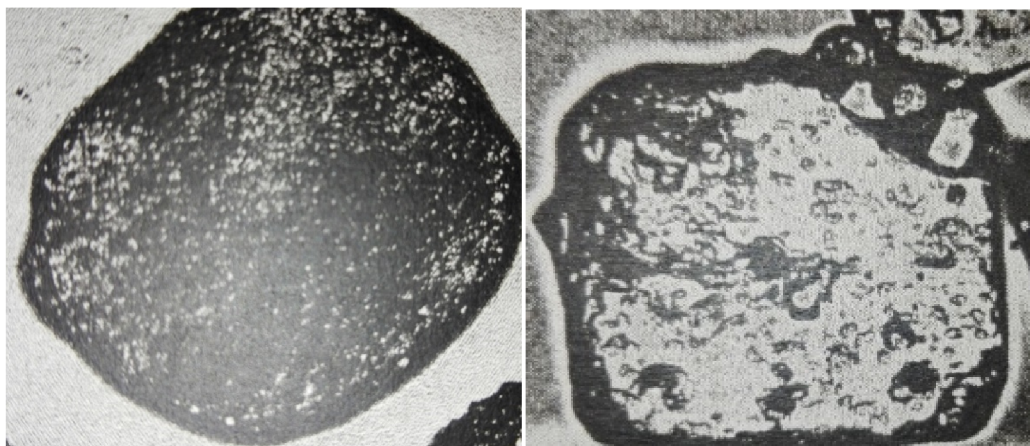
Vlastnosti ostřiva LK - SAND	
AFS [mm]	50
d ₅₀ [mm]	0,28
žáruvzdornost [°C]	1750

Tab. 19 Chemické složení ostřiva LK - SAND [13].

Chemické složení ostřiva LK – SAND	
Al ₂ O ₃ [%]	min. 38
SiO ₂ [%]	52,1 - 55,6
Fe ₂ O ₃ [%]	1,5
TiO ₂ [%]	1,4 - 1,7

3.3.6 Solná jádra

První použití solných jader v průmyslové výrobě sahá již do 70. let minulého století, kdy byla pro vhodné formy vyrobena vkládaná jádra odlitím roztavené soli. Později, od začátku 90. let, se používala lisovaná jádra na bázi kuchyňské soli, převážně při výrobě pístů. Jsou charakteristická tím, že neobsahují zvlášť ostřívo a pojivo, je to všechno jedna látka. Přednostmi solných jader jsou, že se dají odstranit snadno a beze zbytku (rozpuštěním ve vodě), neobsahují žádné organické složky a tím při odlévání nevznikají plynné produkty rozkladu - šetrnost k životnímu prostředí. Ve výsledném výrobku vytvoří jednoduché dutiny nebo systémy kanálků, v kterých pak proudí vzduch nebo kapalina. Díky tomu dnes najdou uplatnění při výrobě náročných odlitků z neželezných kovů (často hliníkové odlitky), například pro automobilový průmysl (turbodmychadla, písty). K výrobě jader se využívá anorganických solí NaCl a KCl, krystaly těchto solí jsou znázorněny na obr. 21. Jsou vyráběna převážně metodou vysokotlakého lisování krystalických solí. Aby úspěšně vydržela vysoké namáhání při tlakovém lití, musí jádra nezbytně splňovat následující požadavky: žádné vymílání z povrchu jader, žádná penetrace hliníkové taveniny, žádné uvolňování plynů z jader, snadné a bezzbytkové odjádrování [8,23]. Porovnání vlastností solí KCl a NaCl je v tab. 20.



Obr. 21 Vlevo krystal NaCl, vpravo krystal KCl [23].

Tab. 20 Vlastnosti solí NaCl a KCl [23].

Vlastnosti solí NaCl a KCl		
Druh soli	NaCl	KCl
krystalová struktura	kubická	
teplota tání [°C]	801	770,3
hustota [g/cm ³]	1,981	2,163

3.2 Nekřemenná ostřiva - shrnutí

V tab. 21 a 22 jsou shrnuty některé údaje zde zmíněných nekřemenných ostřiv. Pro porovnání je vypsáno: velikost středního zrna d_{50} , výhody daného ostřiva a s nimi úzce spojeny oblasti použití. Souhrnně se tato ostřiva využívají v situacích, kdy už nám nevyhovují vlastnosti ostřiv křemenných. Vyznačují se vysokou žáruvzdorností a vysokou kvalitou povrchu odlitků, většinou za cenu vyšších nákladů.

Tab. 21 Tabulka souhrnných údajů některých nekřemenných ostřiv I.

	d_{50} [mm]	výhody	oblasti použití
Šamot	0,1 - 60	vysoká žáruvzdornost, široké rozmezí parametrů ostřiva	tepelně namáhané, těžké ocelové odlitky či odlitky z šedé litiny
Zirkon	0,114	vysoká chemická odolnost vůči oxidům železa za vysokých teplot, nízká tepelná roztažnost, vysoká pevnost směsi	tepelně namáhané formy a jádra
Olivín	0,34	vysoká žáruvzdornost, vysoká tepelná absorpce, nízký koeficient tepelné roztažnosti, vysoká kvalita povrchu odlitku	tepelně namáhané formy a jádra, náročné odlitky z manganových ocelí, slitin hliníku a některých typů slitin neželezných kovů
Chromit	0,27 - 0,35	velmi vysoká ochlazovací schopnost, vysoká odolnost proti penetraci a zapékání, možnost regenerace	tepelně namáhané formy a jádra
Kerphalite KF	0,17 - 0,28	komptabilita s křemennými ostřivy, dobrá tepelná vodivost a vysoká žáruvzdornost, zdravotně nezávadné	všechny pojivové systémy včetně bentonitových, odlévání všech kovových materiálů

Tab. 22 Tabulka souhrnných údajů některých nekřemenných ostřiv II.

	d₅₀ [mm]	výhody	oblasti použití
CERABEADS	0,11 - 0,38	komptabilita s křemennými ostřivy, vysoká žáruvzdornost, vysoká pevnost formovací směsi	složité odlitky z austenitických ocelí a dalších vysoce legovaných slitin
Magnezit	0,39	vysoká žáruvzdornost, dobrá teplená vodivost, vysoká tepelná odolnost vůči zásaditým struskám a taveninám s vysokým obsahem MnO	těžké odlitky z manganových ocelí, nátěry forem
LK - SAND	0,28	plynulá dilatační křivka, vysoká žáruvzdornost, zdravotně nezávadné, šetrné k životnímu prostředí, komptabilita s křemennými ostřivy	všechny kovové materiály, organické i anorganické pojivové systémy

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo zpracování přehledu nejpoužívanějších ostřiv pro výrobu slévárenských forem a jader, se zaměřením na popis oblastí jejich použití.

Úvodní kapitola se zabývá seznámením s problematikou formovacích směsí, objasňuje základní pojmy a popisuje jejich vlastnosti (fyzikální, chemické a technologické). Základní složky směsí jsou: ostřivo, pojivo a přísady. Všechny tyto složky mají specifický vliv na jejich vlastnosti, následně i na odlitek a z toho důvodu je nutné dát volbě všech složek velkou pozornost.

Druhá kapitola rozebírá křemenná ostřiva. Vzhledem k cenové dostupnosti (základní složka SiO_2 je nerozšířenější minerál v přírodě) se ještě stále jedná o nejvíce používaný druh ostřiv. Teplota tavení se pohybuje přibližně kolem $1700\text{ }^\circ\text{C}$, což je ideální teplota pro výrobu forem a jader sloužících k odlévání většiny slévárenských slitin. Využití těchto ostřiv s sebou nese i řadu nevýhod, které jsou:

- zvýšená reaktivnost za vysokých teplot s oxidy železa (vznik zapečenin),
- cristobalitická expanze (horší čistitelnost jader, rozměrová a tvarová nepřesnost),
- neplynulá tepelná dilatace (vznik povrchových vad na odlitku - výronky, zálupy),
- silikóza (usazování oxidu křemičitého v plicích).

Popsána jsou česká ostřiva - Střeleč a Provodín, slovenská - Šajdíkové Humence, polská ostřiva Grudzeń Las a Szczakowa, australská Cape Flattery a písky norského nadnárodního producenta SIBELCO.

Všeobecně jsou křemenná ostřiva využívána především na odlévání litin a ocelí, včetně menších odlitků z ocelí manganových.

Poslední velká kapitola pojednává o ostřivech nekřemenných. Jsou charakteristická vyšší cenou, takže jsou využívána v případech, kdy již jsou vlastnosti ostřiv křemenných pro daný odlitek nedostatečné. Tato ostřiva se společně vyznačují vysokou žáruvzdorností a vysokou kvalitou povrchu odlitků.

Ze skupiny nekřemenných ostřiv jsou popsána:

- ostřiva neutrálního charakteru:
 - šamot (tepelně namáhané ocelové odlitky, odlitky z šedé litiny aj.),
 - zirkon (tepelně namáhané formy a jádra aj.),
 - olivín (tepelně namáhané formy a jádra, odlitky z manganových ocelí aj.),
 - chromit (tepelně namáhané formy a jádra aj.),
 - aluminosilikáty (keramické formy aj.).
- ostřiva zásaditého charakteru:
 - magnezit (odlitky z manganových ocelí, nátěry forem aj.).
- ostřiva speciální a umělá:
 - Kerphalite KF (všechny kovové materiály),
 - CERABEADS (složitě odlitky z austenitických ocelí aj.)
 - LK - SAND (všechny kovové materiály),
 - grafit,
 - kovová ostřiva,
 - solná jádra (složitě odlitky z neželezných kovů - hliník, aj.).

Vzhledem k velmi velkému množství druhů ostřiv, jak křemenných, tak i nekřemenných, byla popsána jen ta nejdůležitější se zaměřením na ostřiva, jež jsou k dostání i v České republice.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- 1 JELÍNEK, Petr. *Disperzní soustavy slévárenských formovacích směsí: ostřiva*. Ostrava: Petr Jelínek, 2000, 138 s. ISBN 80-238-6118-2.
- 2 RUSÍN, K. a kolektiv. *Slévárenské formovací materiály*. Praha: SNTL, 1991. 392 s. ISBN 80-03-00278-8.
- 3 PETRŽELA, Lev. *Slévárenské formovací látky*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1955, 636 s.
- 4 DVOŘÁK, Milan a KOLEKTIV. *Technologie II*. 3. dopl. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, s. 3-64. ISBN 80-214-2683-7.
- 5 RECKNAGEL, Ulrich a Martin DAHLMANN. Speciální písky - ostřiva pro moderní výrobu jader a forem. Slévárství. Brno: Svaz sléváren ČR, 2013, č. 1 - 2, s. 44 - 48. ISSN 0037-6825.
- 6 JELÍNEK, Petr. *Pojivové soustavy slévárenských formovacích směsí: (chemie slévárenských pojiv)*. Ostrava: Petr Jelínek, 2004, 241 s. ISBN 80-239-2188-6.
- 7 SKLOPÍSEK STŘELEČ [online]. © 2010 [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://www.glassand.eu/>
- 8 RUSÍN, Karel a Radek BRYCHTA. Co určuje cenu jádrových směsí s křemennými ostřivy?. In: *Formovací materiály a snižování nákladů na odlitek: Formmaterialien und Kostenabbau bei Gussstück-Herstellung = Moulding materials and cost reductions for casting : mezinárodní konference, 8. ročník, 19. a 20. 4. 2005 Hotel Devět Skal, Českomoravská vrchovina, Milovy*. 1. vyd. Brno: Česká slévárenská společnost, 2005, s. 37 - 52. ISBN 80-02-01725-0.
- 9 PETRÁK, Jan. Ostřivo pro bentonitové formovací směsi. In: *Formovací materiály: Formstoffe=Moulding Materials: mezinárodní konference, 12. ročník : 19. a 20.4.2011, Hotel Devět Skal, Českomoravská vrchovina, Milovy*. 1. vyd. Brno: Česká slévárenská společnost, 2011, s. 41 - 46. ISBN 978-80-02-02316-6.
- 10 HLAVSA, Petr a Marko Grzinčič. Přínosy atritace ostřiva Šajdíkové Humence pro výrobce náročných odlitků z Al slitin. In: *Formovací materiály: Formstoffe=Moulding Materials: mezinárodní konference, 12. ročník : 19. a 20.4.2011, Hotel Devět Skal, Českomoravská vrchovina, Milovy*. 1. vyd. Brno: Česká slévárenská společnost, 2011, s. 199-206. ISBN 978-80-02-02316-6.
- 11 KERKOSAND spol. s r.o. [online]. © 2016 [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: <http://kerkosand.quarzwerke.com/>
- 12 *Provodínské písky, a.s.* [online]. © 2016 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <http://provodin.quarzwerke.com/>

- 13 *SAND TEAM, spol. s r.o.* [online]. © 2015 [cit. 2016-03-24]. Dostupné z: <http://www.sandteam.cz/>
- 14 *H-GLOST* [online]. © 2010 [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: <http://www.h-glost.cz/>
- 15 KONŠEL, Miroslav. Jakostní polské křemenné ostřívo z pískovny Szczakowa. *Slévárství*. Brno: Svaz sléváren ČR, 2007, č. 5 - 6, s. 240. ISSN 0037-6825.
- 16 *Cape Flattery Silica Mines Pty Ltd* [online]. © 2001 [cit. 2016-03-11]. Dostupné z: <http://www.cfsm.com.au/>
- 17 CUPÁK, Petr a Kamilo TOMÁŠ. Zkušenosti s nekřemennými ostřívy ve slévárně oceli ŠMERAL Brno, a.s. *Slévárství*. Brno: Svaz sléváren ČR, 2006, č. 6, s. 222 - 226. ISSN 0037-6825.
- 18 CUPÁK, Petr, Kamilo TOMÁŠ. Využití záporné tepelné dilatace lupkového ostříva ke snížení zbytkových pevností formovacích směsí s vodním sklem. *Slévárství*. Brno: Svaz sléváren ČR, 2006, č. 12, s. 462 - 464. ISSN 0037-6825.
- 19 ANTOŠ, Petr, Barbora ANTOŠOVÁ, Alois BURIAN a Pavel ROUBÍČEK. Využití lupků jako ostříva formovacích směsí. In: *Formovací materiály: Formstoffe = Moulding Materials: mezinárodní konference*, 12. ročník : 19. a 20.4.2011, Hotel Devět Skal, Českomoravská vrchovina, Milovy. 1. vyd. Brno: Česká slévárenská společnost, 2011, s. 27 - 35. ISBN 978-80-02-02316-6.
- 20 ČESKÉ LUPKOVÉ ZÁVODY, a.s. [online]. © 2006-2016 [cit. 2016-03-23]. Dostupné z: <http://www.cluz.cz/>
- 21 FORMSERVIS [online]. © 2008 [cit. 2016-03-23]. Dostupné z: <http://www.formservis.cz/>
- 22 JAP TRADING, s.r.o. [online]. © 2010 [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: <http://www.jap.cz/>
- 23 MIKŠOVSKÝ, František, Eliška ADÁMKOVÁ. Solná jádra a možnosti jejich aplikací. In: *Formovací materiály: Formstoffe = Moulding Materials: mezinárodní konference*, 12. ročník : 19. a 20.4.2011, Hotel Devět Skal, Českomoravská vrchovina, Milovy. 1. vyd. Brno: Česká slévárenská společnost, 2011, s. 75-84. ISBN 978-80-02-02316-6.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Jednotka	Popis
AFS	[-]	číslo zrnitosti
d_{50}	[mm]	střední velikost zrna
$d_{75/25}$	[%]	pravidelnost zrnitosti - číslo stejnoměrnosti
mohs	[-]	tvrdost podle Mohsovy stupnice
pH	[-]	power of hydrogen - vodíkový exponent
Označení	Popis	
K^+	kationt draslíku	
Na^+	kationt sodíku	
ST	označení písku Střeleč	
PR	označení písku Provodín	
SP	označení písku firmy SAND TEAM	
SH	označení písku Šajdíkové Humence	
GL	označení písku Grudzeň Las	
A232HR	označení šamotového ostřiva	
B252HR	označení šamotového ostřiva	
C343HR	označení šamotového ostřiva	

SEZNAM PŘÍLOH

- | | |
|-----------|--------------------------------------|
| Příloha 1 | Technický list ostřiva STŘELEČ |
| Příloha 2 | Technický list ostřiva OLIVÍN |
| Příloha 3 | Technický list ostřiva ZIRKON |
| Příloha 4 | Technický list ostřiva CHROMIT |
| Příloha 5 | Technický list ostřiva KERPHALITE KF |
| Příloha 6 | Technický list ostřiva CERABEADS |
| Příloha 7 | Technický list ostřiva LK-SAND |
| Příloha 8 | Technický list ostřiva SP-35 |

PŘÍLOHA 1



Sklopísek Střeleč, a.s. | Hrdoňovice 80, 507 45 Újezd pod Troskami

Tel.: +420 493 505 111 | Fax: +420 493 505 328 | IČO: 44795688 | DIČ: CZ44795688
Registrováno v OR u Krajského soudu v Hr. Králové, 5. 12. 1991, odd. B, vl. 1093
Bankovní spojení: ČSOB a.s., č. ú. 1764 56 73/0300
web: www.sklopisek.cz | e-mail: sklopisek@sklopisek.cz

SLÉVÁRENSKÉ PÍSKY

Písky s vysokým obsahem SiO₂ a vhodnou granulometrií jsou vynikající surovinou pro slévárenský průmysl pro lité do pískových forem a výrobu pískových jader. Ve stavebním průmyslu jsou základní surovinou pro výrobu lepících, vyrovnávacích a spárovacích hmot, speciálních maltovin a omítkovin. Dále se používají na aerifikaci přírodních trávníků. Písky se dodávají vlhké, sušené, volně ložené nebo balené, pro nakládku na silniční nebo železniční dopravní prostředky.

ZRNITOSTNÍ DATA, VLASTNOSTI TÝKAJÍCÍ SE VELIKOSTI ČÁSTIC A FYZIKÁLNÍ CHARAKTERISTIKY

	ST 52	ST 53	ST 54	ST 55	ST 56		Metody
Velikost středního zrna (d50)	0,32	0,27	0,22	0,16	0,14	mm	sítování
Počátek spékavosti	1200	1400	1400	1500	1500	°C	
Tepelná degradace	1550	1550	1550	1550	1550	°C	
Ph	7	7,5	7,4	7,8	7,5		
AFS	51	56	66	89	125		sítování
Vyplavitelné látky	0,14	0,26	0,30	0,26	0,36	%	
Ztráta žíháním	0,11	0,22	0,22	0,25	0,26	%	
sytná hmotnost	1,55	1,55	1,54	1,5	1,5	kg/l	
> 1000 µm						%	sítování
> 1000 µm						%	sítování
> 1000 µm						%	sítování
> 1000 µm						%	sítování
> 630 µm	0,5	0,5	0,5			%	sítování
> 500 µm	7,5	4	1,5	0,2	0,5	%	sítování
> 400 µm	16,5	10	4	0,5	1,5	%	sítování
> 315 µm	25	22	13	3	4	%	sítování
> 200 µm	32	38	41	26	13	%	sítování
> 100 µm	16,5	23,5	37	57,5	49,5	%	sítování
> 63 µm	2	2	3	10	21,5	%	sítování
< 63 µm				2,5	10	%	sítování

CHEMICKÉ ANALÝZY (RFA) %

	ST 52	ST 53	ST 54	ST 55	ST 56
SiO ₂	99,3	99,2	99,2	99,0	99,0
Fe ₂ O ₃	0,04	0,04	0,04	0,07	0,09
K ₂ O + Na ₂ O	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
CaO + MgO	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2

hustota (g/ml)	2,65		vlhkost v mokrém stavu (%)	8,0 max
tvrdost, Mohs	7		vlhkost v sušeném stavu (%)	0,2 max

Křemenný písek ze Střelče je upravená přírodní surovina. Výše uvedené informace jsou založeny na středních hodnotách. Data by měla být považována pouze za indikativní. Hrubší a jemnější podíly jsou ve stopových množstvích možné. Uživatelé přísluší, aby nejprve otestovali a posoudili vhodnost použití pro svůj účel. O případných tolerancích výše uvedených hodnot výrobků je možné jednat.

Prodej a dodávání je vždy na základě sjednaných obchodních podmínek a podle příslušné podnikové normy nebo kvalitativní dohody.

Datum revize: 1.7.2015

KATALOG PRODUKTŮ

PŘÍLOHA 2



Olivínový písek

739 95 Bystřice nad Olší 1260
Česká republika

tel.: +420-558-340 011, 340 034
fax.: +420-558-340 100
e-mail: japtrading@jap.cz
www.jap.cz

IČ: 48398233 DIČ: CZ48398233



Olivín

Olivínový písek je slévarenský písek s nízkou teplotní roztažností. Používá se pro přípravu formovacích směsí ve slévárenství s přihlédnutím ke kvalitě povrchu a vlastnostem odlitků.

K nejpoužívanějším patří olivínový písek INCASR LE50.

Chemické složení

MgO	49,7 %
SiO ₂	41,3 %
Fe ₂ O ₃	7,3 %
Cr ₂ O ₃	0,29%
Al ₂ O ₃	0,47%
NiO	0,32%
MnO	0,09%

Sítová analýza (mm %)

0,710	0,0
0,50	0,0
0,355	16,3
0,250	51,2
0,180	24,5
0,125	6,1
0,090	1,4
0,063	0,4
<0,063	0,1

Ztráta žháním max. 0,75%

Dodat je možné jakékoliv množství min. od 1,2 t po 25 t.

PŘÍLOHA 3

RICHARDS BAY MINERALS

TISAND (PTY) LTD
RICHARDS BAY IRON AND TITANIUM
(PTY) LTD
P.O.Box 401 Richards Bay 3900 South Africa
Tel : +27-351-9013111 Telex : 6-31361 SA RBAMIN
Fax : +27-351-9013480



ZIRKONOVÝ PÍSEK „STANDARD GRADE“

CHEMICKÉ SLOŽENÍ - GARANTOVANÉ

ZrO ₂	min. 65,00 %
TiO ₂	max. 0,30 %
Fe ₂ O ₃	max. 0,25 %
U & Th	max. 500 ppm

CHEMICKÉ SLOŽENÍ - TYPICKÉ

ZrO ₂	66,00 %
Fe ₂ O ₃	0,20 %
TiO ₂	0,25 %
SiO ₂ celkem	32,70 %
volný	0,25 %
S	0,002 %
Al ₂ O ₃	0,18 %
CaO	0,10 %
MgO	0,03 %
Cr ₂ O ₃	0,002 %
PbO	0,003 %
P ₂ O ₅	0,14 %
H ₂ O	0,05 %
ztráta žíháním	0,30 %

FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI

Měrná hmotnost	4,2 – 4,8 g/cm ³
Sypná hmotnost	2,7 g/cm ³
Sypný úhel	32°
A.F.S.	113
d ₅₀	0,114 mm

TYPICKÁ SÍTOVÁ ANALÝZA

Zirkonový písek je přírodní materiál a síťová analýza se může lišit od uvedené :

velikost ok sít [µm]	velikost ok sít [mesh]	podíl na sítě [%]	úhrnný podíl na sítěch [%]
212	72	0,4	0,4
180	85	1,9	2,3
150	100	8,7	11,0
125	120	21,0	32,0
106	150	30,0	62,0
90	170	28,0	90,0
75	200	9,0	99,0
zbytek		1,0	100,0

DISTRIBUTOR pro ČR a SR



FORMSERVIS, spol. s r.o.
Obřanská 60
614 00 Brno
tel/fax : 545 215 860, info@formservis.cz
www.formservis.cz



Technický list**CHROMITOVÝ PÍSEK****Charakteristika:**

Chromitový písek je žáruvzdorný materiál, který se získává drcením chromitové rudy. Následně se odprašuje a třídí podle zrnitosti. Ve slévárenství je používán zejména vzhledem k vysoké odolnosti proti penetraci a zapékání.

Oblast použití:

Chromitový písek se používá jako žáruvzdorné ostřivo pro jádrové a formovací tepelně namáhané směsi.

Technická data:

Charakteristická granulometrická skladba	
Síta [mm]	Podíl [g]
1,00	0,0
0,71	0,9
0,50	7,3
0,355	33,2
0,25	41,7
0,18	13,0
0,125	2,9
0,09	0,5
0,063	0,3
< 0,063	0,2

Charakteristické chemické parametry	
Cr ₂ O ₃	min. 45,0 %
SiO ₂	0,25 – 1,0 %
Fe ₂ O ₃	25,0 – 29,5 %
Al ₂ O ₃	15,0 – 16,0 %
MgO	9,0 – 11,0 %
CaO	max. 0,15 %

AFS 45 – 50 / Průměrná velikost zrna (0,33 – 0,29 mm).

Specifická hmotnost: **4 500 kg/m³**
 Sypná hmotnost: **2 900 kg/m³**
 Žáruvzdornost: **> 1 800 °C**
 Hodnota pH: **max. 8,5**

Balení:

Chromitový písek se dodává v nevratných Big-Bag obalech á 1,5 t, případně v pytlích á 25 kg

Technický list

KERPHALITE KF

Charakteristika:

Kerphalite KF je přírodní hlinitokřemičitý minerál na bázi andalusitu. Vyznačuje se nízkou lineární tepelnou roztažností, dobrou tepelnou vodivostí a vysokou žárovzdorností. Má stabilní chemické a mineralogické složení, neutrální pH a je kompatibilní s křemenným ostřivem.

Oblast použití:

Kerphalite KF je vhodný pro všechny pojivové systémy, včetně bentonitových. Lze jej použít pro odlévání všech kovových materiálů. Je přátelský k životnímu prostředí, použití bez rizika silikózy.

Technická data:

Charakteristická granulometrická skladba	
Síta [mm]	Podíl [g]
1,00	0,0
0,71	0,0
0,50	0,2
0,355	6,3
0,25	33,7
0,18	43,6
0,125	15,2
0,09	1,0
0,063	0,0
< 0,063	0,0

Charakteristické chemické parametry	
Al ₂ O ₃	61,0 %
SiO ₂	38,0 %
Fe ₂ O ₃	0,5 %
K ₂ O, Na ₂ O, MgO, CaO	< 0,5 %

Neobsahuje žádný krystalický křemík.

Kerphalite KF se dodává ve čtyřech zrnitostech AFS 50, AFS 60, AFS 70 a AFS 100.

Hodnoty platí pro AFS 60.

Sypná hmotnost: **1,7 g/cm³**
 Bod tavení: **> 1 800 °C**

Balení:

Kerphalite KF se dodává v nevrátných Big-Bag obalech á 1,5 t, případně pytlích á 25 kg

Technický list**CERABEADS****Charakteristika:**

Cerabeads je žáruvzdorný aluminosilikát na bázi mulitu s nízkým, lineárním koeficientem tepelné roztažnosti a vysokou tepelnou absorpcí. Je vyráběn uměle za definovaných podmínek. Cerabeads může být použit se všemi základními slévárenskými pojivovými systémy a také k výrobě jader s vysokou pevností a žáruvzdorností.

Oblast použití:

Cerabeads je ideální ostřivo pro nejnáročnější odlitky z austenitických chromniklových ocelí, a dalších vysoce legovaných ocelí a litín.

Technická data:

Charakteristická granulometrická skladba CB 650	
Síta [mm]	Podíl [g]
1,000	0,00
0,710	0,00
0,500	0,01
0,355	0,08
0,250	10,91
0,180	27,20
0,125	11,16
0,090	0,61
0,063	0,03
0,020	0,00

Charakteristické chemické parametry	
SiO ₂	36,12 %
Al ₂ O ₃	60,57 %
Fe ₂ O ₃	1,46 %
TiO ₂	0,51 %
CaO	0,14 %
MgO	0,05 %
K ₂ O	0,08 %
Na ₂ O	0,27 %
P ₂ O ₅	0,42 %

AFS 65 Střední velikost zrna d₅₀=0,21 mm.

Sypná hmotnost: **1,69 g/cm³**
 Bod tavení: **přibližně 1 825 °C (SK 37)**
 Teplotní expanze: **přibližně 0 %** při 1000 °C (lineárně)

Balení:

Cerabeads se dodává v nevratných Big-Bag obalech á 1t, případně v pytlích á 25 kg

Technický list

LK-SAND

Charakteristika:

Vzniká vypalováním kaolinitického jílu na žáruvzdornou formu aluminosilikátu. Mletím a tříděním se získá ostrohrané umělé ostřivo s plynulou dilatační křivkou. Jeho nasákavost je na úrovni křemenných ostřiv, s nimiž je kompatibilní.

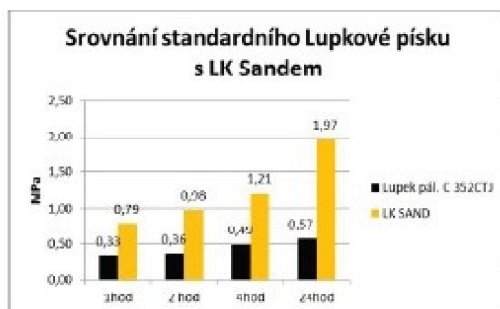
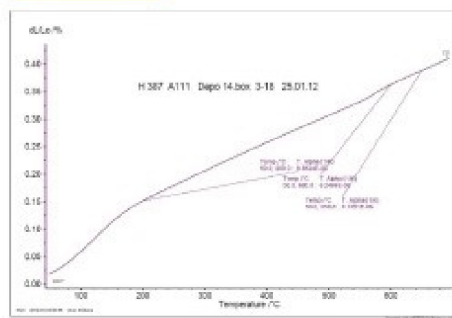
Oblast použití:

Je vhodné pro většinu pojivových systémů, lze jej použít pro odlévání všech kovových materiálů. Je přátelský k životnímu prostředí, použití bez rizika silikózy.

Technická data:

Charakteristické chemické parametry	
Al ₂ O ₃ (min.%)	38%
SiO ₂	55,6 - 52,1%
Fe ₂ O ₃ (max%)	1,50%
TiO ₂	1,40-1,70 %

Ostatní parametry		
Nasákavost	%	<3,5
Střední zrno (AFS 50)	mm	0,28
měrná hmotnost	kg/m ³	2747
žáruvzdornost	°C	1750
tvary zrn		ostrohranné
PH		5,8-6,5
Podíly <0,09 mm	%	<0,50

**Dilatační křivka:**

LK Sand	TPA 70	2,6	ACE 1535	0,52
Lupek píl. C 352CTJ	TPA 70	2,6	ACE 1535	0,52

Balení:

Pytel 25kg, bigbag, silokamion

PŘÍLOHA 8



SAND TEAM

Technický list

SLÉVÁRENSKÝ KŘEMENNÝ PÍSEK SP 35

Charakteristická granulometrická skladba		
Síta [mm]	Podíl [g]	Součet [%]
1,000	0,00	0,0
0,710	0,14	0,1
0,500	4,78	4,9
0,355	38,39	43,3
0,250	34,57	77,9
0,180	16,64	94,5
0,125	4,36	98,9
0,090	0,74	99,6
0,063	0,12	99,7
0,020	0,00	99,7
výplav	0,26	100,0
Celkem	100,0	-

Charakteristické chemické a fyzikální parametry	
střední zrna d_{50}	0,34 až 0,38 mm
vyplavitelné látky	0,26 %
SiO ₂	98,3 %
Fe ₂ O ₃	0,15 %
uhlíčitany	0,15 %
spékavost	min. 1550°C dle PN-85/H-11001
vlhkost po sušení	max. 0,2 %

Možnosti dodávek:

Písky mokré nebo sušené
Volně ložené, v big-bag obalech nebo papírových pytlích
Automobilová nebo vlaková doprava



Křemenný písek z pískovny Sibelco - TM je upravený přírodní produkt. Výše uvedené data jsou střední hodnoty. Spotřebitel by měl ověřit vhodnost tohoto produktu pro své použití.

Tel: +420 517 324 961-9
Fax: +420 517 324 960
E-Mail: sandteam@sandteam.cz

SAND TEAM, spol. s r.o.
Holubice 331, 683 51 Holubice
www.sandteam.cz

ZZ/MPN4/1.6.2015