



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

OSTŘIVA SLÉVÁRENSKÝCH FORMOVACÍCH SMĚSÍ

BASE SANDS FOR MANUFACTURE OF FOUNDRY MOULDS AND CORES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

PETRA SEDLÁČKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PETR CUPÁK, Ph.D.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Petra Sedláčková

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

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 směsí

v anglickém jazyce:

Base sands for manufacture of foundry moulds and cores

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 odborné literatury:

CUPÁK, P., TOMÁŠ, K. Zkušenosti s nekřemennými ostřivy ve slévárně oceli Šmeral Brno, a. s. Slévárství. 2006, vol. LIV, no. 6, p. 222-226. ISSN 0037-6825.

CUPÁK, P., TOMÁŠ, K. Využití záporné tepelné dilatace lupkového ostřiva ke snížení zbytkových pevností formovacích směsí s vodním sklem. Slévárství. 2006, vol. LIV, no.12, p. 462-464. ISSN 0037-6825.

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

JELÍNEK, P. Disperzní soustavy slévárenských formovacích směsí – ostřiva, Ostrava: VŠB Technická univerzita Ostrava, 2000. ISBN 80-238-6118-2.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Cupák, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce popisuje souhrn písků slévárenských formovacích směsí včetně popisu oblasti jejich využití. Uvedeny jsou struktury povrchů zrn i typické chemické a fyzikální parametry písků. Popsány jsou křemenné písky české Provoďín a Střeleč, slovenský písek Šajdíkové Humence, polské písky Szczakowa a Grudzeń Las, německé písky Frechen a Haltern, americký písek GBM. Zástupci nekřemenných písků: šamot, Molochit, LK Sand firmy Sand Team, keramická ostřiva CKL a CKI firmy Giba, olivín, dunit (Magnolit), zirkon, chromit, magnezit a chrommagnezit, sůl (solná jádra). Do souhrnu jsou zahrnuty taktéž speciální písky německé firmy Hüttenes-Albertus, které jsou detailně popsány v příloze 1. Provedeno je srovnání písků v podobě grafů a tabulek dle kritérií: tepelná dilatace, tvar zrna a střední velikost zrna, obsah vyplavitelných podílů menších 0,9 mm, žáruvzdornost a počátek spékání písků.

Klíčová slova

Formovací směs, slévárenské písky, křemenné písky, speciální písky

ABSTRACT

This bachelor thesis describes a summary of sands which are used for foundry molding materials, and includes fields of their utilization. Surface structures of grains as well as their typical chemical and physical parameters are introduced. Czech quartz sands Provoďín and Střeleč are described, further also the Slovak sand Šajdíkové Humence, Polish sands Szczakowa a Grudzeń Las, German sands Frechen and Haltern, and the American sand GBM. Out of non-quartz sands, there are listed: chamotte, Molochit, LK Sand from the Sand Team company, ceramic sands CKL and CKI from the Giba company, olivine, dunit (Magnolit), zircon, chromite, magnesite and chrommagnesite, salt (salt cores). In the summary, there are also listed special sands of the German Hüttenes-Albertus company which are described in detail in Appendix 1. Sands are compared in graphs and tables according to these requirements: thermal expansion, a grain shape and medium grain size, a volume of elutriated parts smaller than 0.9 mm, refractoriness and a point of sintering.

Key words

Molding material, foundry sands, quartz sands, special sands

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SEDLÁČKOVÁ, Petra. *Ostřiva slévárenských formovacích směsí*. Brno 2014. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 39 s. Vedoucí práce Ing. Petr Cupák, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

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

.....
Datum

Petra Sedláčková

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Cupákovi, Ph.D. za odborné vedení, za pomoc a cenné rady při vypracování této práce.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1 SLÉVÁRENSKÉ FORMOVACÍ SMĚSI – ZÁKLADNÍ POJMY	10
1.1 Ostřivo	10
1.1.1 Granulometrické charakteristiky ostřiva.....	10
1.2 Pojivo	12
1.3 Přísady	13
1.4 Vlastnosti slévárenských směsí	13
2 KŘEMENNÁ OSTŘIVA	14
2.1 Obecné charakteristiky	14
2.1.1 Nevýhody křemenných písků	15
2.2 Přehled některých významných českých i zahraničních písků	17
2.2.1 Provodín.....	17
2.2.2 Střeleč	17
2.2.3 Slovenské ostřivo Šajdíkové Humence.....	18
2.2.4 Polské ostřivo Szczakowa.....	19
2.2.5 Polské ostřivo Grudzeń Las	19
2.2.6 Německé ostřivo Frechen a Haltern.....	20
2.2.7 Americké ostřivo GBM	21
3 NEKŘEMENNÁ OSTŘIVA	22
3.1 Ostřiva na bázi hlinitokřemičitanů.....	22
3.1.1 Lupek, šamot.....	22
3.1.2 Molochit.....	23
3.1.3 LK Sand firmy Sand Team, spol. s r.o.....	24
3.1.4 Speciální ostřiva firmy Hüttenes-Albertus	25
3.1.5 Syntetická keramická ostřiva firmy Giba	25
3.2 Ostatní ostřiva	26
3.2.1 Olivín	26
3.2.2 Dunit - magnolit.....	27
3.2.3 Zirkon.....	27
3.2.4 Chromit	28

3.2.5	Magnezit, chrommagnezit	29
3.2.6	Speciální ostřiva firmy Hüttenes-Albertus	30
3.2.7	Sůl – solná jádra.....	31
4	SROVNÁNÍ VYBRANÝCH OSTŘIV	32
	ZÁVĚR	34
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	36
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	39
	SEZNAM PŘÍLOH.....	39

ÚVOD

První zmínky, o předmětech vyráběných metodou slévání, se datují do doby okolo 4000 let před n.l. Od té doby obor slévárenství prošel dlouhým vývojem, který přinesl zlepšení nejen v oblasti formování a slévárenských směsí, ale taktéž v procesu tavení a samotného chemického složení ocelí a litin. Slévárenství je nedílnou součástí strojírenské výroby při výrobě hutních polotovarů, ale také v oblasti přesného lití, kde jsou jiné technologie nepraktovatelné či neefektivní. Světová produkce odlitků se pohybuje přes 100 milionů tun ročně, z toho největší podíl zaujímá výroba litiny s lupínkovým grafitem. Podle posledních průzkumů, uvedených v časopise Slévárenství, je to 46 % celkové světové produkce, na druhém místě je litina s kuličkovým grafitem (25 %), slitiny neželezných kovů (17 %) a odlitky ocelové (11 %). Na první místa největších výrobců odlitků se řadí Čína, USA a Indie. Pro představu Česká Republika vyprodukovala za rok 2012 přes 400 tisíc tun odlitků, což je zhruba stonásobně méně oproti Číně. Zmíněná čísla nejsou zanedbatelná, a tak není divu, že zdokonalování v oboru slévárenství je nekončícím procesem. Celosvětově je snaha o zdokonalení kvality nejen samotných odlitků, ale celého slévárenského procesu z hlediska ekonomického a v posledních letech především ekologického. Na tom se podílí úsporné dávkování pojivových systémů v kombinaci s vhodným ostřivem, které prochází následnou regenerací a znovu zapojením do výrobního procesu. Ve snaze o zdravotně nezávadné provozy a zamezení vzniku tzv. nemocí z povolání, kterou je např. silikóza, jsou do výroby zaváděny speciální nekřemenné písky, které s sebou přináší mnoho dalších výhod. I přes tuto skutečnost křemenné písky zůstávají levnější a využívanější alternativou pro přípravu slévárenských forem. O přehledu slévárenských ostřiv pojednává tato bakalářská práce, jejímž cílem je seznámení nejen autora s využitím a charakteristikami jednotlivých slévárenských písků.

Zastoupení jednotlivých druhů ostřiva ve slévárenském průmyslu se značně odvíjí od situování výrobního závodu v závislosti na geologickém původu dané země. Zatímco některé země jsou bohaté na přírodní minerály, jiné jsou odkázané na jejich dovoz. Taktéž struktura povrchu zrn křemenných písků závisí na jejich původu. Písky jednotlivých států se mohou výrazně lišit. V této práci nelze zahrnout všechna existující ostřiva a proto je zaměřena na souhrn nejvýznamnějších a nejpoužívanějších. Výběr vhodného ostřiva, pro různé kombinace pojivových systémů a výrobních technologií, zůstává i přes množství provedených výzkumů nelehkým úkolem slévárenských technologů. Osobním cílem každého zaměstnavatele nejen sléváren, by měl být vzdělaný a zkušený pracovník. Vřele doufám, že tato bakalářská práce čtenáře obohatí informacemi, které lze rozvíjet v dalších studiích.

*„Z druhých lidí dostanete to nejlepší tehdy,
když vydáte to nejlepší,
co je ve Vás samotných.“*

1 SLÉVÁRENSKÉ FORMOVACÍ SMĚSI – ZÁKLADNÍ POJMY

Formovací směs je základem pro vytvoření slévárenské formy, do které se odlévá tekutý kov, za účelem dosažení odlitku požadované kvality. Formovací směs lze rozdělit z hlediska využití na směs: modelovou, výplňovou, jádrovou a jednotnou. Základními složkami formovací směsi je ostřivo a pojivo, přičemž ostřivo tvoří až 98 % objemu směsi a tím z velké části udává vlastnosti směsi. Pojivo poskytuje směsi soudržnost, především vaznost za syrova a pevnost po vysušení a za vysokých teplot. Mimo tyto základní složky obsahuje formovací směs také vodu a látky zlepšující vlastnosti směsi, které nazýváme přísady [1,2,3].

1.1 Ostřivo

Ostřivo je zrnitý žáruvzdorný materiál s velikostí částic nad 0,02 mm. Jeho nejdůležitějšími vlastnostmi jsou: druh ostřiva (tj. chemické a mineralogické složení) a disperzita ostřiva (tj. velikost a rozdělení částic). Tyto vlastnosti ovlivňují vaznost, pevnost a prodyšnost směsi neboli technologické vlastnosti [1,2,3].

Ostřiva lze rozdělit z různých hledisek [1,3]:

- dle původu ostřiva: přirozená (př. křemenné písky) a umělá ostřiva (př. korund),
- dle chemického složení: kyselá (př. křemenné písky), neutrální (př. šamot) a zásaditá ostřiva (př. magnesit).

Uvedena jsou pouze nejdůležitější hlediska, ostřiva se dají dělit dle dalších kritérií, př. podle zrnitosti ostřiva, druhu hlíny, druhu odlévaných slitin atd.

1.1.1 Granulometrické charakteristiky ostřiva

Zrnitost

Zrnitost udává granulometrickou skladbu ostřiva, čili velikosti částic obsažené v ostřivu.

Metody stanovení zrnitosti, též granulometrické rozborů [3]:

- mikroskopická metoda,
- usazovací (sedimentační) rozbor – normalizovaná metoda a hustoměrný rozbor,
- síťový rozbor.

Výsledky rozborů jsou vyjadřovány vypisováním číselných výsledků, početně a graficky (sloupkové diagramy, diferenciální křivka zrnitosti, součtová křivka zrnitosti) [3].

Velikost částic

Velikost částic je základem pro určení disperzity směsi a je definována jako [2,3]:

- průměr myšlených kulových či krychlových zrn, která mají stejný objem (povrch) jako skutečná zrna zkoušené soustavy, tzv. ekvivalentní průměry, nebo
- průměr myšlených kulových zrn, která mají stejnou usazovací rychlost jako zrna skutečná.

Obsah zemitého pojiva

Podíl hlíny neboli písku o velikosti zrn menších jak 0,02 mm [2].

Střední velikost zrna

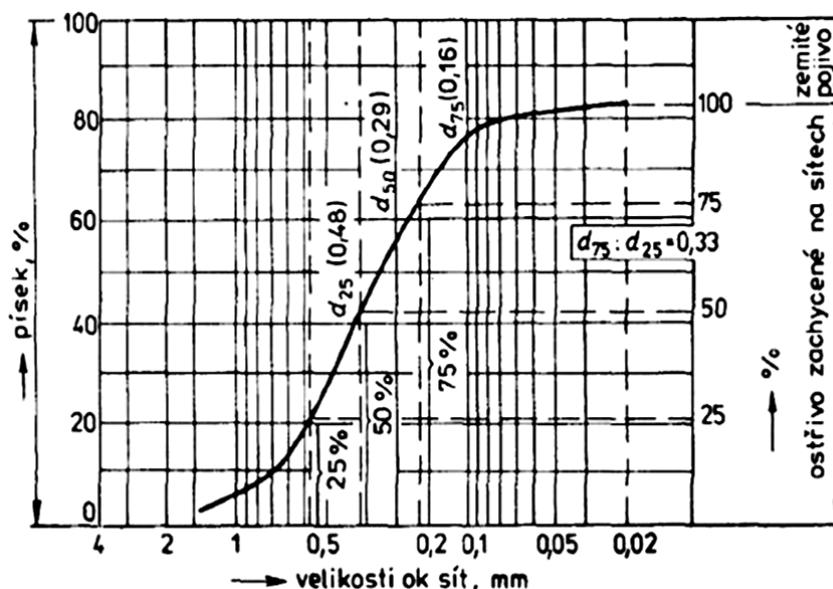
Střední velikost zrna, neboli průměrná zrnitost d_{50} , je statistický průměr velikostí jednotlivých zrn nebo tříd velikosti. Při mikroskopickém určování je základem pro určení střední objem zrn, střední povrch nebo střední plocha průmětu zrn. Při síťovém rozboru odpovídá průměrná zrnitost velikosti ok síta, na kterém se zachytí 50 % ostřiva [1,3].

Číslo stejnoměrnosti

Číslo stejnoměrnosti nebo také stupeň stejnorodosti udává pravidelnost zrnění a je definováno poměrem průměrů zrn $d_{75} : d_{25}$, které odpovídají velikosti ok síta, na kterém se zachytí 75 % a 25 % ostřiva. Blíží-li se číslo stejnoměrnosti hodnotě 1, je ostřivo stejnoměrnější a naopak. Toto kritérium vyhovuje pro ostřiva přirozená, nevystačíme s ním u umělých ostřiv, kde jsou zaváděna kritéria jiná (př. kritérium pravděpodobnosti uspořádání zrn $\log W$) [1,2,3].

Součtová křivka zrnitosti

Součtová křivka zrnitosti udává spojitě procentový obsah zrn jako funkci jejich velikosti a je základem grafického vyjadřování a vyhodnocování jemnosti. Nejčastěji se zakresluje do diagramu, jenž v logaritmickém měřítku udává velikosti ok sít, kterým odpovídá v procentech vyjádřené množství všech částic větších nebo menších (obr. 1). Sklon křivky udává stejnoměrnost písku, strmější křivka značí stejnoměrnější zrna, toto ovšem neplatí pro umělá ostřiva, u kterých je pozorována neplynulá, lomená křivka [1,2,3].



Obr. 1 Konstrukce součtové křivky zrnitosti ostřiva [2].

Číslo zrnitosti AFS

Číslo zrnitosti AFS je bezrozměrná hodnota, která vyjadřuje přibližně průměrnou velikost zrn z počtu otvorů síta na jednom čtverečním palci, kterými by prošel písek za předpokladu stejně velkých zrn [3].

Rozdělní písků podle zrnitosti v závislosti na čísle AFS [3]:

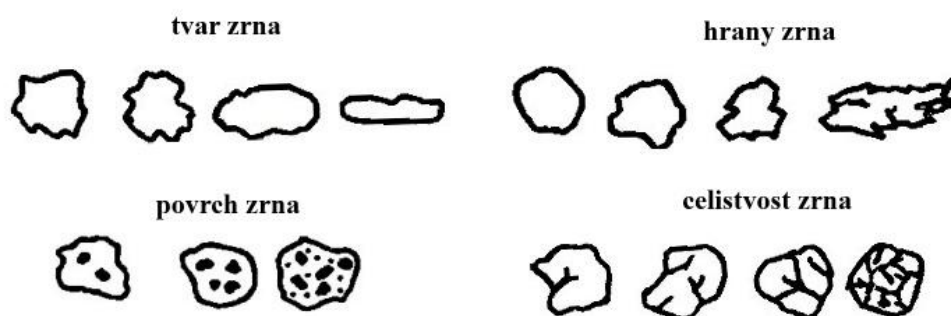
- velmi hrubé: AFS < 18, střední zrno 1,0 – 2,0 mm,
- hrubé: AFS 18 – 35, střední zrno 1,0 – 0,5 mm,
- střední: AFS 35 – 60, střední zrno 0,5 – 0,25 mm,
- jemné: AFS 60 – 150, střední zrno 0,1 – 0,25 mm,
- velmi jemné: AFS > 150, střední zrno pod 0,1 mm.

Tvar a povrch zrn

Tvar a povrch zrn souvisí s původem jejich vzniku a vzdáleností jejich přenášení. Zrna jsou posuzována podle (obr. 2) [2,3]:

- tvaru zrna: izometrický, protažený krátce, protažený dlouze,
- hrany zrna: kulatá, hranatá se zakulacenými hranami, ostrohranná a tříšřnatá,
- povrchu zrna: hladký, polodrsný, drsný,
- celistvosti zrna: rozpuštění silné, rozpuštění slabé, obsah dutin.

Dalšími upřesňujícími parametry jsou plošný obsah povrchu zrn neboli měrný povrch a koeficient hranatosti, jehož hodnota je pro ideálně kulová zrna rovna jedné [2,3].



Obr. 2 Struktura zrn ostřiva [3].

1.2 Pojivo

Pojiva jsou látky, které vytváří vazby mezi zrny a společně s ostřivem udávají vlastnosti formovací směsi. Nejzákladnější rozdělení pojiv podle jejich původu [2]:

- anorganická pojiva: jíly, cementy, sádra, vodní sklo, aj.
- organická pojiva: tuky a oleje, pryskyřice, sacharidy, bitumeny, aj.

Anorganická pojiva jsou minerálního původu a vhodná pro lití za syrova, po odlití ovšem trpí horší rozpadavostí, nejsou citlivá na teplotu sušení, vyvíjí málo plynů a nevyhořívají. Organická pojiva mají vysokou tekutost za syrova, vyhořívají při lití a mají dobrou rozpadavost, musí být dodržovány bezpečnostní předpisy z důvodu zdravotní závadnosti. Jiné rozdělení vychází z dlouhodobého vývoje technologického postupu při výrobě forem a jader, odvíjí se od typu použitých pojivových systémů [4]:

- směsi I. generace: druh pojiva: jíly, bentonity,
princíp: pojení je výsledkem sil kapilárního tlaku a sil Van der Waalových - pěchování, metání, lisování aj.,
- směsi II. generace: druh pojiva: pryskyřice, sacharidy, oleje, škroby, vodní sklo aj.,
princíp: proces pojení probíhá na základě chemických reakcí s organickými a anorganickými pojivy - vytvrzované CT směsi (CO₂ proces), samotvrdnoucí ST směsi, aj.,
- směsi III. generace: druh pojiva: vakuum, led, magnetické pole,
princíp: pojení je realizováno pomocí fyzikálních účinků - magnetickým polem, vakuem, hlubokým mrazením,
- směsi IV. generace: druh pojiva: biopolymery,
princíp: pojení využívá biologické pochody - biotechnologie.

1.3 Přísady

Přísady jsou pomocné látky, které jsou přidávány do směsi za účelem zvýšení užitečných vlastností, např.: pevnost, rozpadavost, zamezení povrchových vad i jiných interakcí při styku formy a tekutého kovu. Při aplikaci na povrch formy se jedná o nátěry. Slévárenský trh nabízí rozmanité množství pomocných látek pro různé účely, např. [2,3]:

- nátěry: vodní nátěry s organickými a anorganickými pojivy (na bázi zirkonu, sillimanitu, se sírany a fosforečnany, aj.),
- přísady: uhlíkaté a neplastické práškovité látky (dřevěná moučka, piliny, grafit, křemenná a šamotová moučka, aj.).

1.4 Vlastnosti slévárenských směsí

Interakce ostřiva a pojiva udává vlastnosti formovací směsi za syrova, po vysušení či vytvrzování a za vysokých teplot. Granulometrická skladba ostřiva, typ a množství použitého pojiva a přísad i způsob formování ovlivňují řadu vlastností směsi – vaznost, pevnost, pórovitost, prodyšnost, propustnost, spěchovatelnost, tvárliвість, plastičnost, navlhavost, tepelnou vodivost a některé další vlastnosti, které jsou u směsí zjišťovány a kontrolovány. Vzájemně se ovlivňují a jsou prověřovány celou řadou zkoušek. Nalezení optimálního složení a tím optimálních vlastností směsi není jednoduchým úkolem.

Pevnost

Pevnost vyjadřuje schopnost směsi držet pohromadě, ověřována je mechanickými zkouškami pevnosti v tlaku, střihu a ohybu. Rozlišování pevnosti [1]:

- vaznost = pevnost směsi v syrovém stavu,
- pevnost po vysušení či vytvrzování,
- pevnost za zvýšených a vysokých teplot,
- pevnost zbytková.

Tvárliвість a plastičnost

Tvárliвість je schopnost směsi měnit vnějšími silami tvar, schopnost tvarování bez porušení soudržnosti je označována plastičnost. Jedná se o vlastnosti spjaté s formovatelností směsi, která je určována i dalšími vlastnostmi, např.: spěchovatelnost, drobivost, aj. [3].

Pórovitost a prodyšnost

Pórovitostí se rozumí objem prázdných prostorů udávaný v procentech a vztažený k celkovému objemu formovací směsi. Pórovitý materiál však nemusí být vždy prodyšný, tato vlastnost značí schopnost formovací směsi propouštět plyny [1].

Navlhavost

Navlhavost je schopnost formovací směsi pohlcovat vodní páru ze vzduchu, což nepříznivě ovlivňuje některé vlastnosti, např.: pevnost forem a vznik par a plynů při odlévání [3].

Tepelná vodivost

Tepelná vodivost směsi je schopnost přenosu tepla, která ovlivňuje ochlazovací účinek formy. Směsi s vyšší tepelnou vodivostí budou mít rychlejší a větší přenos tepla [1,3].

2 KŘEMENNÁ OSTŘIVA

Křemenná ostřiva se používají k formování přirozených i syntetických směsí, patří k nejrozšířenějším a zároveň k nejekonomičtějším ostřivům s širokou škálou využití.

2.1 Obecné charakteristiky

Křemenné písky řadíme mezi ostřiva kyselého charakteru a jak z názvu vyplývá, hlavním minerálem je křemen, který svými charakteristikami ovlivňuje vlastnosti směsi.

Křemen (SiO_2) je nejrozšířenějším minerálem vyskytujícím se v přírodě v přiměřeně zrnitém stavu s vlastnostmi vyhovujícími pro slévárenské účely. Teplota tavení křemene je nad $1700\text{ }^\circ\text{C}$, tvrdost 7, měrná hmotnost v rozmezí 2620 až $2660\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Základní stavební jednotkou křemene je tetraedr komplexního iontu $(\text{SiO}_4)^{4-}$. Celkový poměr Si:O je 1:2, tím je vnitřní struktura pevná a uzavřená. β -křemen krystalizuje v soustavě trigonálně trapezodrické a při ohřevu prodělává stavové přeměny doprovázené změnou objemu, což může vést k porušení formy. Také průvodní minerály, které se v křemenných píscích nalézají, mohou mít nepříznivý vliv na jakost odlitků. Nejčastěji jsou to živce, slída, uhličitan, aj. Povrch zrn bývá potažen tenkou vrstvou jílu nebo hydroxidu železitého či hlinitého, to má značný vliv na přilnavost pojiv [1,2,3].

Požadavky na křemenné písky pro přípravu formovací směsi [1]:

- vysoce mineralogicky čisté,
- vysoce pravidelné,
- málo hranaté,
- minimální koncentrace jemných podílů,
- minimální obsah živců a škodlivých průvodních minerálů,
- povrch zrn vysoce aktivní, čistý bez povlaků.

Aby bylo docíleno požadavků a aktivace povrchu zrn, křemenné písky prochází úpravou chemickou a tepelnou, tříděním, praním, aj. Zpracování křemenných písků je však drahé a náročné. Převážnou část požadavků ovlivňuje především původ ostřiva a způsob jeho přenášení.

Původ písků

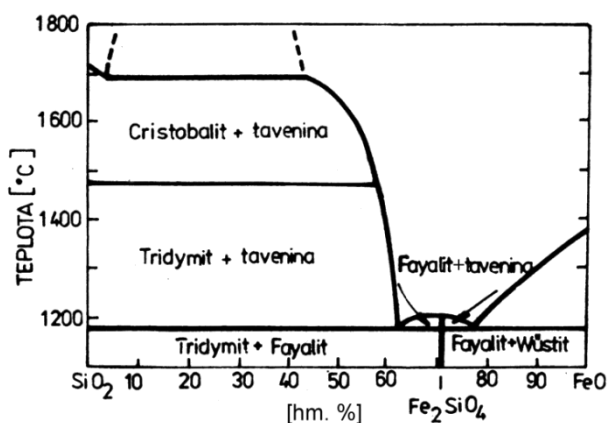
Ke skupinám písků, rozdělených dle původu se vztahují vlastnosti [3]:

- písky naváté:
Písky lokality moravsko-slovenského pomezí vyznačující se pravidelnou zrnitostí a vysokou kulatostí. Obsahují určité podíly živců, díky kterým se snadno spékají, především pak při odlévání oceli. Zástupci: Šajdíkovy Humence, Strážnice, Rohatec, aj.
- písky ledovcové:
Písky lokality např. ostravské oblasti nepravidelné zrnitosti z dob prvního zalednění. Obsahují větší množství nevázaných jílu a proto je jejich využití možné až po úpravě praním a tříděním.
- písky usazené mořem:
Písky křídového původu patří díky své jakosti mezi nejdůležitější kvůli své mineralogické čistotě. Vhodné jsou pro ocelové odlitky. Zástupci: Provodín, Střeleč, Zpm, aj.
- písky usazené činností řek:
Písky mineralogicky pestré, nepravidelné zrnitosti vhodné pro těžší litinové odlitky. Těžitelná zásoba je velmi malá. Zástupci: Kobyličky.

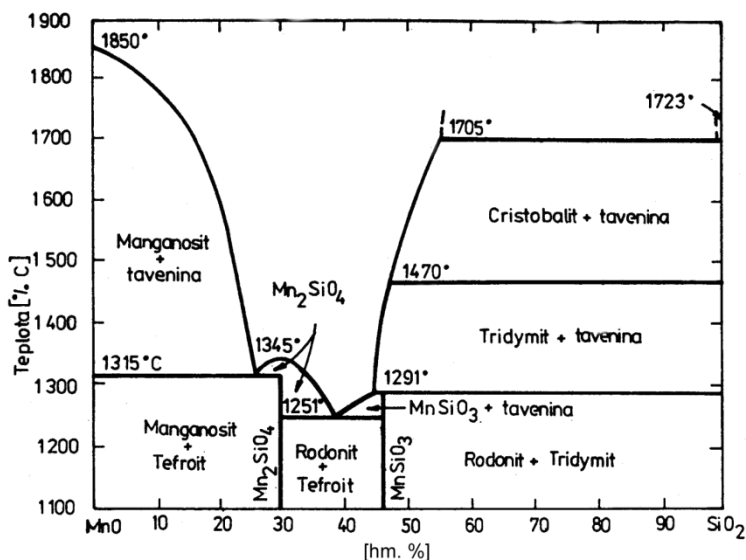
2.1.1 Nevýhody křemenných písků

Zvýšená reaktivnost

Povrch křemene obsahuje atomy s volnými vazbami, které umožňují reakce s volnými vazbami jiných oxidů. Jelikož je křemen sloučenina kyselá, reaguje za vysokých teplot s oxidy zásaditými, za vzniku lehce tavitelných produktů snížené žáruvzdornosti. Hrozí tak riziko zapékání. Vzájemné působení oxidů je nejlépe patrné z rovnovážných diagramů. Nejvýraznější je reakce oxidu křemičitého SiO_2 s oxidem železnatým FeO za vzniku fayalitu (obr. 3) a oxidem manganatým MnO za vzniku tefritu, rodonitu a manganinonitu (obr. 4) [1,2,3].



Obr. 3 Binární diagram FeO – SiO₂ [1].



Obr. 4 Binární diagram MnO – SiO₂ [1].

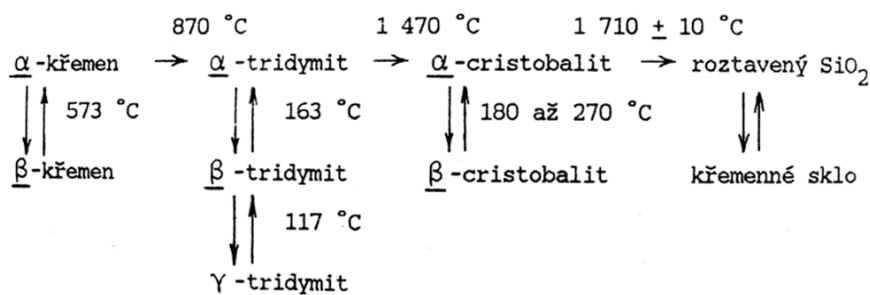
Silikóza

Silikóza je tzv. nemoc z povolání, jde o plicní onemocnění způsobené dlouhodobým vdechováním křemenného prachu. Projevuje se dušností, kašlem, únavou a v pokročilém stádiu je smrtelně nebezpečná.

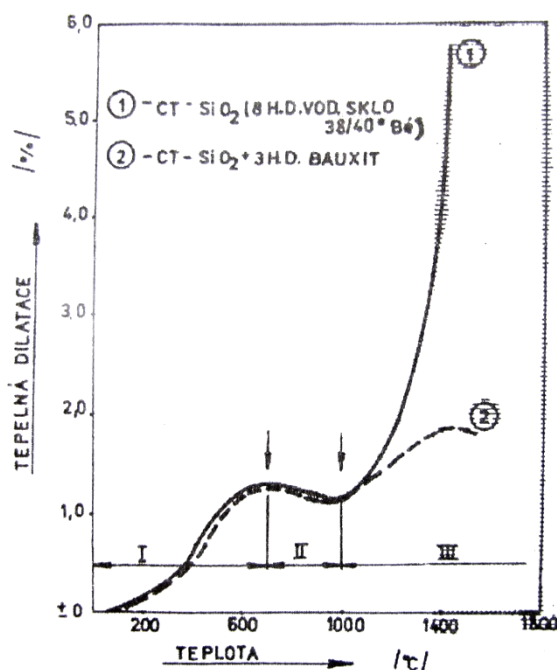
Neplýnulá tepelná dilatace a cristobalitická expanze

Diskontinualita dilatační křivky a cristobalitická expanze čili objemové změny jsou způsobeny modifikačními změnami, kterými křemen prochází při ohřevu.

Oxid křemičitý známe v modifikacích α -křemen, β -křemen, α -cristobalit, β -cristobalit, α -tridymit, β -tridymit, γ -tridymit a křemenné sklo. Jak probíhají přeměny je patrné z obr. 5, kde vodorovné šipky značí přeměny nevratné, probíhající pozvolna při daných podmínkách (přítomnost mineralizátorů u přeměn na α -tridymit a α -cristobalit), šipky svislé značí přeměny probíhající rychle při ohřevu nebo ochlazování. Při rychlé modifikaci β -křemen \rightarrow α -křemen dochází ke změně trigonálně trapezodrické mřížky na hexagonální a tím ke změně objemu o cca 2,58 až 3,9 % (tepelná dilatace 0,86 až 1,3 %). Při modifikaci pomalé α -křemen \rightarrow α -cristobalit dochází ke změně mřížky hexagonální na krychlovou a tím k expanznímu růstu objemu o cca 15 % (tepelná dilatace 5 %). Změny objemu závisí na stavu směsi (tvar a velikost zrn, obsah pojiva a přísad, přítomnost katalyzátorů, aj.), uváděné hodnoty změn objemu a tepelné dilatace patří k demonstračnímu příkladu, obr. 6 - směs křemenného ostřiva s vodním sklem vytvrzované CO_2 -procesem [1,2,3].



Obr. 5 Stavové přeměny křemene [2].



Obr. 6 Neplýnulá tepelná dilatace křemenného ostřiva [1].

Důsledky tepelné dilatace a cristobalitické expanze:

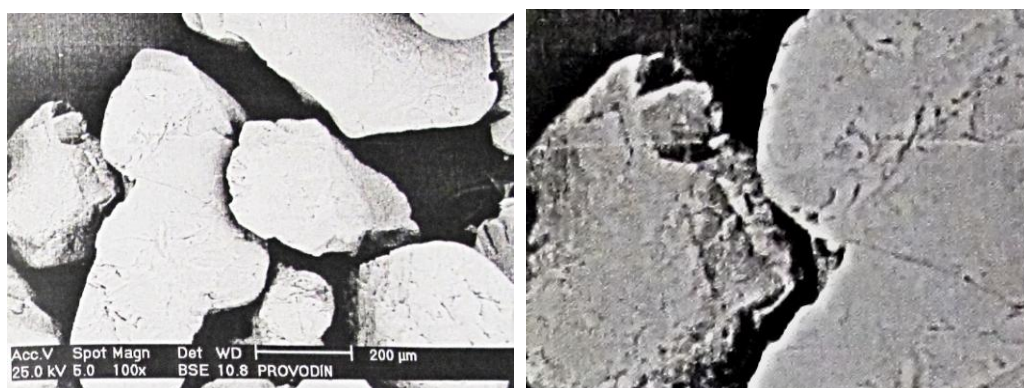
- vznik napětí → praskliny, zálupy, výronky, zapečení, aj.,
- nepřesnost rozměrová i tvarová.

Předcházet negativním vlivům těchto jevů se dá složením a úpravou formovací směsi.

2.2 Přehled některých významných českých i zahraničních písků

2.2.1 Provodín

Ložisko písků Provodín se nachází jižně od České lípy v tzv. Severočeské křídové pánvi. Jedná se o písky vysoké čistoty se zaoblenými hranami vyznačující se vysokou žáruvzdorností s širokou škálou využití. Písky jsou tříděné, označené PR 30 až PR 33 podle rozsahu zrnitosti v rozmezí 0,1 až 1,6 mm vhodné pro odlévání oceli [1,28]. Uvedeny jsou parametry a struktura ostřiva PR 31 se zrnitostí 0,1 až 1,0 mm, tab. 1, obr. 7.



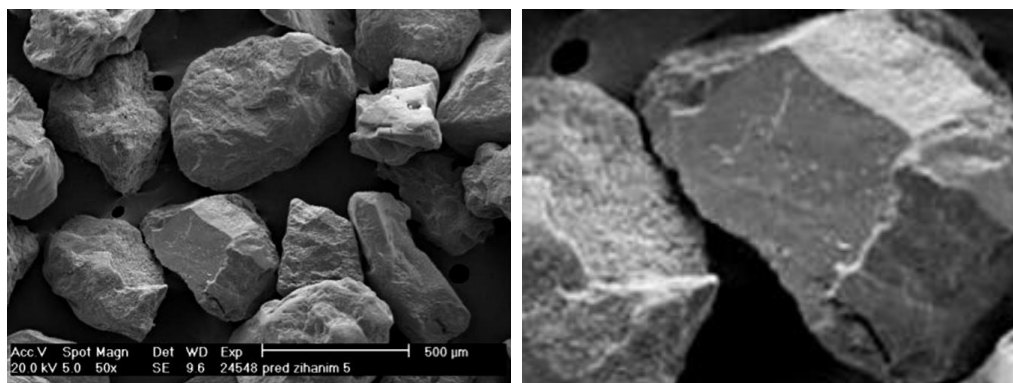
Obr. 7 Povrch a tvar ostřiva PR 31 [9].

Tab. 1 Parametry ostřiva PR 31[28].

Parametry ostřiva PR 31			
AFS	38	SiO ₂	99,0 %
Velikost středního zrna d ₅₀ [mm]	0,38	Fe ₂ O ₃	0,03 %
Pravidelnost zrnitosti ostřiva d _{75/25} [%]	57	Al ₂ O ₃	0,30 %
Vyplavitelné látky [%]	0,15		
Ztráty žiháním [%]	0,3		
Spékavost [°C]	> 1500		
Vlhkost (vlhký/sušený) [%]	6/0,1		

2.2.2 Střeleč

Ložisko písku Střeleč se nachází v Královéhradeckém kraji v okrese Jičín v tzv. České křídové pánvi. Vzniklo usazením sedimentů v mělkém křídovém moři druhohorního stáří. Jedná se o kvalitní přírodní upravenou surovinu s vysokým obsahem SiO₂ a nízkým obsahem oxidů Fe₂O₃, Al₂O₃ a TiO₂. Slévárenské písky nesou označení ST 52 až ST 56 s zrnitostním rozsahem 0,063 až 0,63 mm [29]. Struktura ostřiva a fyzikálně-chemické charakteristiky jsou uvedeny na obr. 8 a v tab. 2.



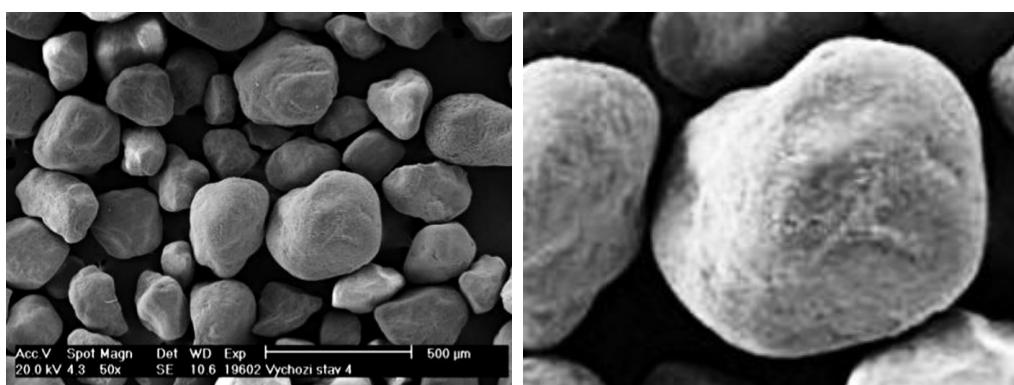
Obr. 8 Povrch a tvar ostřiva Střeleč s pH 6,04 [12].

Tab. 2 Parametry ostřiva Střeleč ST 52 [29].

Parametry ostřiva Střeleč ST 52			
AFS	51	SiO ₂	99,3 %
Velikost středního zrna d ₅₀ [mm]	0,31	Fe ₂ O ₃	0,04 %
Hodnota pH	7	K ₂ O + Na ₂ O	0,1 %
Vyplavitelné látky [%]	0,14	CaO + MgO	0,1 %
Ztráty žiháním [%]	0,11		
Počátek spékavosti [°C]	1200		
Vlhkost (vlhký/sušený) [%]	8/0,2		

2.2.3 Slovenské ostřivo Šajdíkové Humence

Ložisko Šajdíkové Humence se nachází v západní části Slovenské republiky v okrese Senica při dolním toku řeky Myjavvy nedaleko hranic České republiky. Díky obrušování a erozi při vzdušném přenosu se tento vátý písek z doby ledové vyznačuje vysokou pravidelností a kulatostí zrn s hladkým povrchem. Využití nalézá ve slévárnách šedé litiny, pro ocelové odlitky se nehodí kvůli vyššímu obsahu živců. Písky nesou označení SH 30 až SH 34 podle rozsahu zrnitosti v rozmezí 0,1 až 1,4 mm [1,30]. Struktura ostřiva a fyzikálně-chemické charakteristiky jsou uvedeny na obr. 9 a v tab. 3.



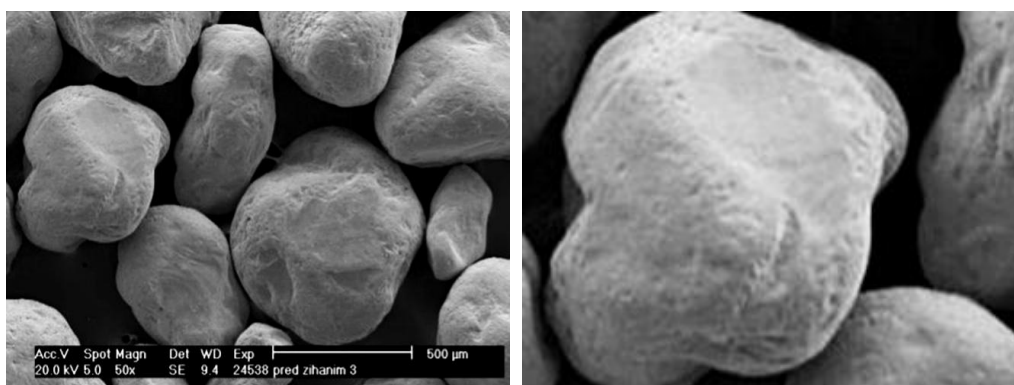
Obr. 9 Povrch a tvar ostřiva Šajdíkové Humence s pH 6,84 [12].

Tab. 3 Parametry ostřiva Šajdikove Humence SH 32 [30, 18].

Parametry ostřiva Šajdikove Humence SH 32			
AFS	34	SiO ₂	98 %
Velikost středního zrna d ₅₀ [mm]	0,38	Fe ₂ O ₃	0,16 %
Sypná hmotnost [kg.m ⁻³]	1500	Al ₂ O ₃	1,4 %
Vyplavitelné látky [%]	0,2	CaO	0,103 %
Ztráty žiháním [%]	< 0,3	MgO	0,047 %
Počátek spékavosti [°C]	1420	TiO ₂	0,030 %

2.2.4 Polské ostřivo Szczakowa

Písek vysoké jakosti, celistvého zakulaceného izometrického tvaru zrn s hladkým povrchem bez rozpukání (obr. 10). Lokalita se nachází na rozhraní Slezské vysočiny a Krakovské vysočiny ve vzdálenosti cca 115 km od hranic České republiky. Ložiska hrubozrnných formovacích písků, jejichž zrna byla přenášena vodou a vzduchem se nacházejí v předledovcovém erozním údolí a tvořena jsou čtvrtohorními usazeninami, složení ostřiva je uvedeno v tabulce 4 [20].



Obr. 10 Povrch a tvar ostřiva Szczakowa [12].

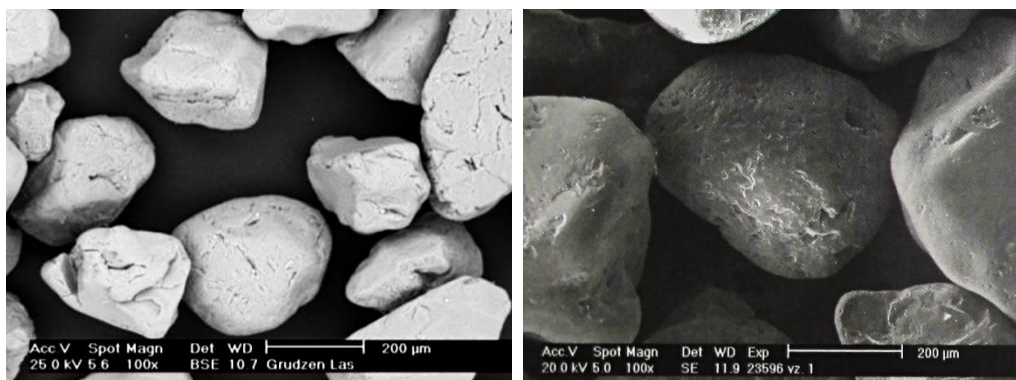
Tab. 4 Parametry ostřiva Szczakowa [12,20].

Parametry ostřiva Szczakowa			
Velikost středního zrna d ₅₀ [mm]	0,275	SiO ₂	98,20 %
Hodnota pH	7,28	Fe ₂ O ₃	0,26 %
AFS	48,1	K ₂ O	0,45 %
Pravidelnost zrnitosti ostřiva d _{75/25} [%]	64,8	Na ₂ O	< 1 %
Podíly ostřiva pod 0,1 mm [%]	0,06	uhličitany	max. 0,23 %

2.2.5 Polské ostřivo Grudzeń Las

Ložisko písku Grudzeń Las se nachází v Polsku zhruba 300 km od hranic s Českou republikou. Písky z této oblasti se vyznačují vysokým obsahem SiO₂, minimálním množstvím oxidů (tab. 5) a vysokou tepelnou odolností, díky které se eliminuje výskyt připečenin. Minimální množství prachových podílů, oválné a hladké zrna (obr. 11)

umožňují menší dávkování drahých pojiv. Velikosti středních zrn se pohybují v rozmezí 0,10 až 0,40 mm. Uplatnění nachází ve slévárnách oceli i litiny [23,31,32].



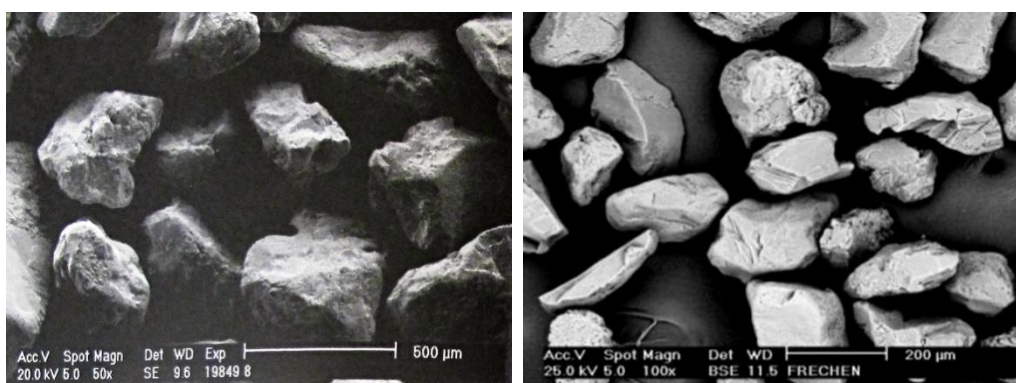
Obr. 11 Povrch a tvar ostřiva Grudzeń Las GL 35 [23].

Tab. 5 Parametry ostřiva Grudzeń Las GL 35 [31].

Parametry ostřiva Grudzeń Las GL 35			
Velikost středního zrna d_{50} [mm]	0,35 – 0,40	SiO ₂	99,20 %
Vyplavitelné látky [%]	0,20	Fe ₂ O ₃	0,07 %
Vlhkost (vlhký/sušený) [%]	5,5/0,2	Al ₂ O ₃	0,20 %
Spékavost [°C]	1550	TiO ₂	0,12 %

2.2.6 Německé ostřivo Frechen a Haltern

Ložisko písku Frechen se nachází nedaleko města Kolín nad Rýnem, ložisko písku Haltern je od něj vzdáleno cca 100 km, obě se nachází ve spolkové zemi Severní Porýní-Vestfálsko. Frechen se utvářelo v době třetihor, Haltern je z období křídý a těží se zcela pod hladinou vody. Písky Frechen nesou označení F 32 až F 36, zrnitost mají v rozmezí 0,16 až 0,24 mm. Písky Haltern jsou značeny H 31 až H 33 a H 35, mají zrnitosti 0,19 až 0,37 mm. Jedná se o písky vysoké kvality, které udávají světový standard [12,39,40]. Struktura ostřiv a fyzikálně-chemické charakteristiky jsou uvedeny na obr. 12 a v tab. 6.



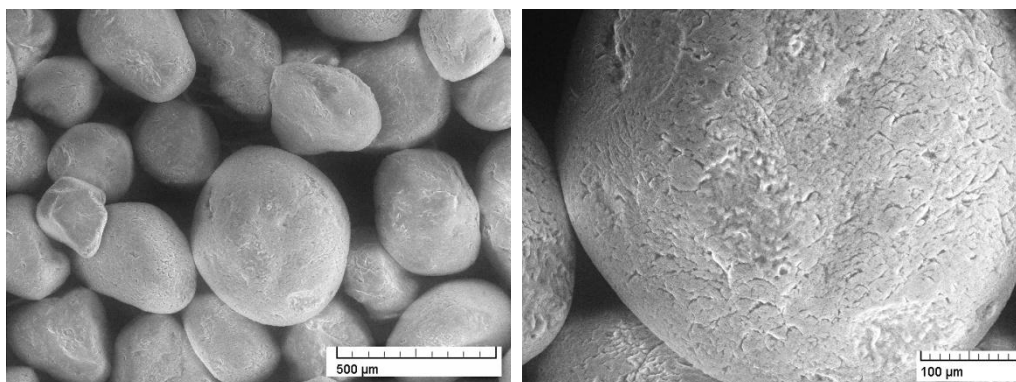
Obr. 12 Povrch a tvar ostřiva Haltern /vlevo/ a Frechen /vpravo/ [12,39].

Tab. 6 Parametry ostřiva Haltern a Frechen [12,39].

Parametry ostřiva Haltern H 32 a Frechen F 32					
	H 32	F 32		H 32	F 32
AFS	45	59	SiO ₂	99,8 %	99,7 %
Velikost středního zrna d ₅₀ [mm]	0,32	0,24	Fe ₂ O ₃	0,04 %	0,03 %
Spékavost [°C]	1575	1575	Al ₂ O ₃	0,1 %	0,1 %
Sypná hmotnost [kg.m ⁻³]	1400	1400			

2.2.7 Americké ostřivo GBM

Ložisko amerického ostřiva GBM se nachází ve státě Wisconsin nedaleko Michiganského jezera, zprostředkovatelem pro evropský trh je rakouská firma Giba. V porovnání s evropskými písky se ostřivo GBM vyznačuje pravidelnými, kulatými zrny s vysoce hladkým nerozpukáním povrchem, což příznivě ovlivňuje spotřebu pojiv. Potřebné pevnosti směsí jsou získávány již při cca polovičním dávkování pojiv, tím se snižuje celkový objem škodlivých emisí. Využití nalézá pro všechny známé jádrové směsi s organickými i anorganickými pojivy. Vysoká kvalita povrchu zrn sebou přináší výhody v podobě vyšší otěruvzdornosti jader, nižší spotřebě nátěrů a pojiv, dobré rozpadavosti po odlití, kvalitního povrchu odlitků s nižšími náklady na čištění [17,33]. Typické chemické složení a fyzikální vlastnosti jsou uvedeny v tab. 7, struktura povrchu je vyobrazena na obr. 13.



Obr. 13 Povrch a tvar ostřiva GBM [33].

Tab. 7 Parametry ostřiva GBM [33].

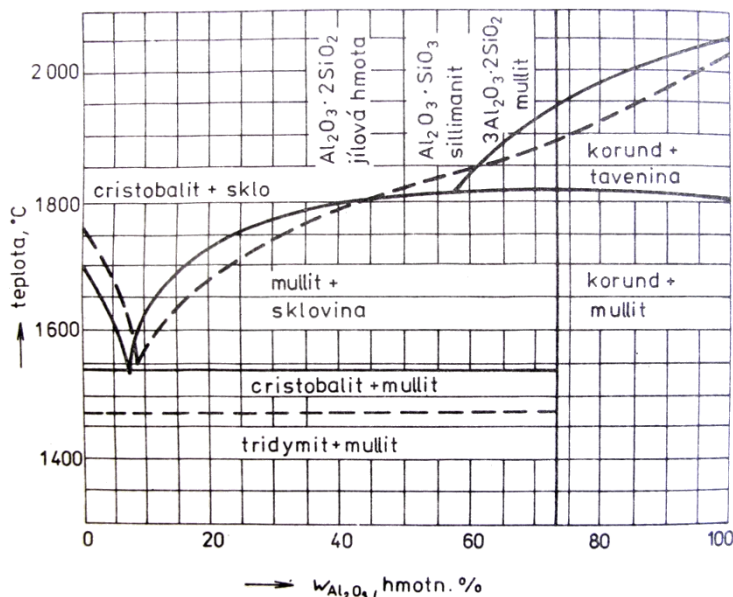
Parametry ostřiva GBM 45			
Velikost středního zrna d ₅₀ [mm]	0,36	SiO ₂	99,7 %
Hodnota pH	6,8	Fe ₂ O ₃	0,04 %
AFS	42,87	Al ₂ O ₃	0,12 %
Spékavost [°C]	1650	MgO	0,01 %
Objemová hmotnost [kg.m ⁻³]	1681 – 1778	CaO	0,12 %

3 NEKŘEMENNÁ OSTŘIVA

Z důvodu zmíněných nevýhod křemenných ostřiv se do výroby zavádí celá řada ostřiv na bázi drahých minerálů: zirkonu, olivínu, forsteritu, mullitu, sillimanitu, andalusitu ze skupiny nesosilikátů, chromitu, korundu, spinelu, rutilu ze skupiny oxidů a hydroxidů. Využívána jsou taktéž bazická ostřiva magnezitová a chrommagnezitová. Setkat se lze s ostřivy kovovými, která nalézají uplatnění v podobě vnějších chladítek. Podrobněji jsou popsána ostřiva nejvýznamnější a nejvyužívanější.

3.1 Ostřiva na bázi hlinitokřemičitanů

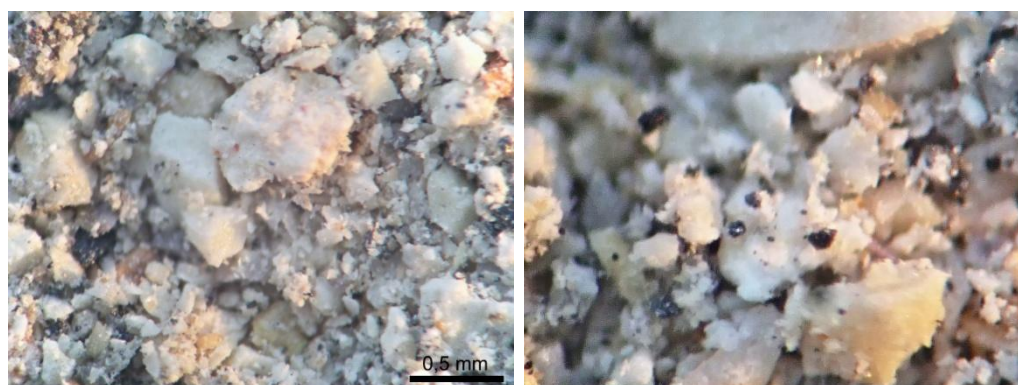
Hlinitokřemičitany ze skupiny Al_2SiO_5 jsou žáruvzdorné materiály s různým obsahem Al_2O_3 , mezi které řadíme sillimanit a mullit. Uměle se vyrábí pálením jílu s přidáním oxidu hlinitého. S obsahem Al_2O_3 roste žáruvzdornost pohybující se většinou okolo $1750\text{ }^\circ\text{C}$. Fázové přeměny jsou patrné z rovnovážného diagramu $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ na obr. 14 [1,2].



Obr. 14 Binární diagram $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ [2].

3.1.1 Lupek, šamot

Lupek je hornina vzniklá sedimentací jílovce především v období druhohor. Jeho hlavní složkou je jílový minerál kaolinit. Z chemického hlediska se jedná o hlinitokřemičitany s různým obsahem Al_2O_3 (20 – 40 %) a SiO_2 (45 – 75 %) znečištěné oxidy kovů. Lupky potřebné kvality pro slévárenské účely jsou získávány vypalováním s následným drcením a tříděním. Pálený lupek neboli šamot je vysoce žáruvzdorné ostrohranné ostřivo s nízkou nasákavostí a plynulou dilatační křivkou. Využívají se v kombinaci s křemennými písky, s kterými tvoří kompaktní směs s dobrou rozpadavostí po odlití. Vhodné jsou pro směsi s vodním sklem a bentonitem. Využití nalézají tam, kde již žáruvzdornost křemenných písků nestačí a využití chromitových a dražších ostřiv by bylo zbytečné. Díky dosažitelné nízké nasákavosti jsou vhodné pro organické pojivové systémy. Lupkové ostřivo se nabízí v široké škále zrnitostí a nasákavostí pro konkrétní účely dle přání sléváren. Uvedena je struktura lupku B 253 (obr. 15) a rozmezí hodnot chemického složení pálených lupků firmy České lupkové závody, a.s. (tab. 8) [1,6,9,22,25,34].



Obr. 15 Povrch a tvar lupku B 253 [22].

Tab. 8 Rozmezí hodnot parametrů lupkových ostřiv [34].

Parametry lupkových ostřiv			
Velikost zrn [mm]	0,1 – 60	SiO ₂	53,44 – 60,60 %
Objemová hmotnost [g.cm ⁻³]	2,30 – 2,58	Fe ₂ O ₃	1,25 – 3,30 %
Nasákavost [%]	1,3 – 7,5	Al ₂ O ₃	33,34 – 42,15 %
Žáruvzdornost [°C]	1650 – 1750	TiO ₂	1,15 – 1,54 %

3.1.2 Molochit

Molochit je žáruvzdorný hlinitokřemičitan, který se vyrábí kalcinací speciálně vybraných kaolinů při teplotě okolo 1500 °C přibližně 24 hodin. Kalcinace převede jílové minerály na směs mullitu a amorfního křemenného skla, absence cristobalitu zabraňuje vzniku silikózy. Zrna jsou plochá s drsným povrchem. Ostřívo se nabízí v široké škále zrnitosti, pečlivě zbažené prachových částic. Má výbornou odolnost vůči tepelným šokům a nízkou teplotní dilataci. Využívá se především ve slévárnách přesného lití a skořepinových forem [1,27,41]. Struktura a parametry ostřiva jsou uvedeny v tab. 9 a na obr. 16.



Obr. 16 Struktura povrchu ostřiva Molochit [27].

Tab. 9 Parametry ostřiva Molochit [1,27,41].

Parametry ostřiva Molochit			
Velikost zrn [mm]	0,18 – 2,0 mm	SiO ₂	54,5 %
Měrná hmotnost [g.cm ⁻³]	2,7	Fe ₂ O ₃	1,00 %
Hodnota pH	8	Al ₂ O ₃	42 %
Žáruvzdornost [°C]	1750 - 1770	MgO	0,31 %

3.1.3 LK Sand firmy Sand Team, spol. s r.o.

LK Sand je uměle vyráběné, ostrohranné ostřivo na bázi mullitu s přítomností cristobalitu. Úpravou výrobního procesu získalo ostřivo dobré užitné vlastnosti, především sníženou nasákavost, která umožňuje nižší dávkování pojiv. Díky těmto skutečnostem se snížila cena formovacích směsí, zvýšila se rozpadavost směsí po odlití a snížil se vývin škodlivin při odlévání. Výrobní proces zahrnuje výpal, drcení, mletí a následné třídění na sítích, které zbavuje ostřivo prachových podílů. Ostřivo vykazuje nízkou tříštivost, tím pádem vysokou otěruvzdornost, nedochází tak k zvyšování prachových podílů při manipulaci se směsí. Díky plynulé tepelné dilataci se snížilo riziko vzniku trhlin a připečenin. Využívá se samostatně i v kombinaci s křemennými ostřivy pro odlévání oceli i litiny v kombinaci s organickými i anorganickými pojivovými systémy [5]. Tvar zrn a parametry ostřiva jsou uvedeny na obr. 17 a v tabulce 10.



Obr. 17 Tvar a charakter zrn ostřiva LK Sand [35].

Tab. 10 Parametry ostřiva LK Sand [5,35].

Parametry ostřiva LK Sand			
Nasákavost [%]	< 3,5	Al ₂ O ₃ (min. %)	41,00 %
Měrná hmotnost [kg.m ⁻³]	2747	SiO ₂	55,6 – 52,1 %
Sypná hmotnost [kg.m ⁻³]	1274	Fe ₂ O ₃ (max. %)	1,50 %
Žáruvzdornost [°C]	1750	TiO ₂	1,40 – 1,70 %
Hodnota pH výluhu	5,8 – 6,5		
Velikost středního zrna d ₅₀ [mm]	0,35 ± 0,03		
Podíly < 0,09 mm [%]	< 0,50		

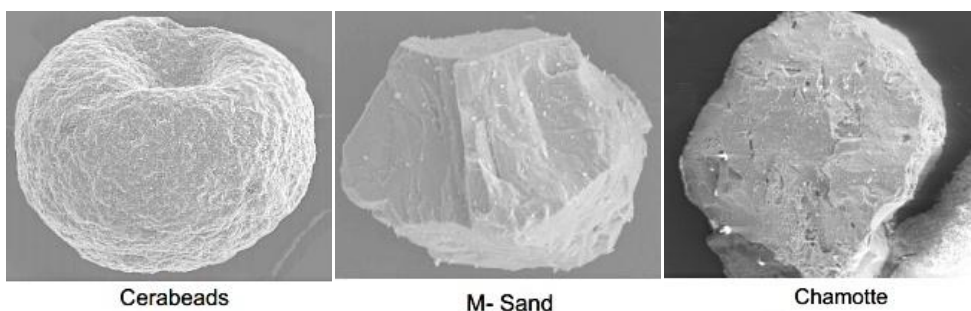
3.1.4 Speciální ostřiva firmy Hüttenes-Albertus

Cerabeads – nejefektivnější, ale nejdražší produkt z nabídky, čistě syntetického původu s kulatými zrny (obr. 18). Ostřivo s nízkou lineární tepelnou roztažností, vysokou žáruvzdorností a vysokou tekutostí. Využívané pro odlitky z oblasti hydrauliky, tenké olejové kanály, mezery vodních plášťů tenké jen několik milimetrů, aj. [15,24].

M-Sand – ostřivo na bázi mullitu s vysokou žáruvzdorností, hranatým tvarem zrn s hladkým povrchem (obr. 18). Vhodný pro metodu studeného i horkého jaderníku, pro těžké odlitky z neželezných kovů bez výronků a kovové penetrace [15].

Chamotte – mineralogickým složením mullit s příměsí cristobalitu a skelné fáze s obsahem Al_2O_3 větším jak 42 %. Vyznačuje se vysokou žáruvzdorností, hranatými zrny s pórovitým povrchem (obr. 18). Vhodný je pro tenkostěnné a skořepinové odlitky, pro odlitky litin s lupínkovým grafitem [15].

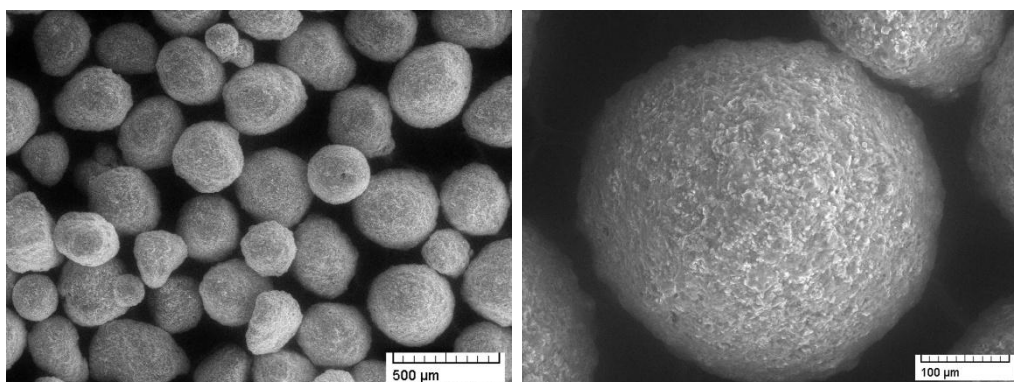
Podrobné informace včetně parametrů ostřiv jsou uvedeny v příloze 1.



Obr. 18 Struktura povrchu speciálních ostřiv firmy Hüttenes-Albertus [36].

3.1.5 Syntetická keramická ostřiva firmy Giba

Píský nesoucí označení CKL a CKI rakouské firmy Giba jsou uměle vyráběná ostřiva na bázi Al_2SiO_5 . Jsou to žáruvzdorná ostřiva vyznačující se nízkou tepelnou dilatací a vysokou tepelnou vodivostí, obě tyto vlastnosti příznivě ovlivňují riziko vzniku povrchových vad. Využívají se především pro odlitky z oceli, částečně i pro odlitky z hliníku. Zrna obou písků jsou pravidelného kulového tvaru bez prachových podílů, CKL písek má zrna s mírně zarovnanými plochami (obr. 19). Díky vázanému SiO_2 odpadá nebezpečí silikózy [17,33]. Chemické složení je uvedeno v tab. 11.



Obr. 19 Struktura povrchu ostřiva CKL /vlevo/ a CKI /vpravo/ [17,33].

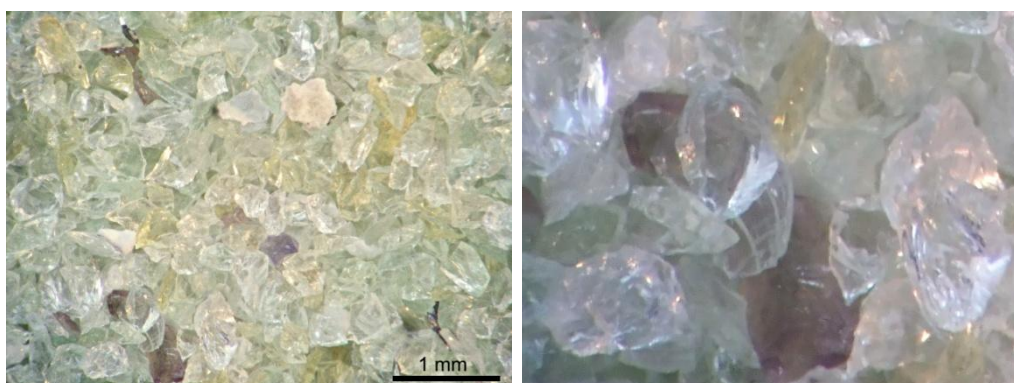
Tab. 11 Parametry ostřiva CKL a CKI [33].

Parametry ostřiva CKL 200 a CKI 150					
	CKL	CKI		CKL	CKI
AFS	32	14	SiO ₂	48,5 %	11,0 %
Velikost středního zrna d ₅₀ [mm]	0,46	0,89	Fe ₂ O ₃	1,00 %	9,0 %
Spékavost [°C]	1655	1655	Al ₂ O ₃	47,7 %	75,0 %
Měrná hmotnost [g.cm ⁻³]	2,68	3,23	TiO ₂	2,1 %	3,0 %

3.2 Ostatní ostřiva

3.2.1 Olivín

Olivín je minerál sopečného původu tvořený tuhým roztokem forsteritu Mg₂SiO₄ a fayalitu Fe₂SiO₄ s dalšími doprovodnými minerály. Ložiska písků se nachází ve větší míře např. v Norsku a Rusku. Olivín je písek zelené barvy neutrálního charakteru s hranatými zrny hladkého povrchu. Tepelná dilatace ostřiva je téměř lineární, vlivem termického rozkladu minerálů však vznikají páry, které mohou ovlivnit vznik bublin na odlitcích. Rozpadavost směsi je lepší než obdobné směsi s chromitovým ostřivem. Využívá se pro náročné odlitky z austenitických chromniklových ocelí, manganových ocelí i slitin hliníku v kombinaci s téměř všemi základními pojivovými systémy [1,10,11,22]. Charakteristické parametry ostřiva jsou uvedeny v tab. 12, struktura povrchu na obr. 20.



Obr. 20 Struktura povrchu olivínového ostřiva [22].

Tab. 12 Parametry olivínového ostřiva [37].

Parametry olivínového ostřiva			
AFS	50	SiO ₂	41,5 – 42,5 %
Hodnota pH	8,9 – 9,5	Fe ₂ O ₃	6,8 – 7,3 %
Sypná hmotnost [kg.m ⁻³]	1700 – 1900	Al ₂ O ₃	0,4 – 0,5 %
Žárovzdornost [°C]	1760	CaO	0,05 – 0,10 %
Počátek spékání [°C]	1450	MgO	48,5 – 50,0 %
		Cr ₂ O ₃	0,2 – 0,3 %

3.2.2 Dunit - magnolit

Magnolit nebo též dunit je slévárenské ostřívo připravované sintrováním za teplot okolo 1550 °C. Mineralogickou podstatou je to olivín s některými dalšími minerály. Zrna jsou nepravidelného tvaru s drsným a porézním povrchem. Vhodné je pro odlévání litiny i ocelí legovaných, zvláště manganových. Využívá se pro směsi vytvrzované CO₂ procesem s vodním sklem i bentonitem, pro směsi samotvrdnoucí s vodním sklem a esterovým tvrdidlem, směsi s alkydovými i fenolovými pryskyřicemi. Povrch odlitků je kvalitní lehce zbavitelný formovací směsi bez nutnosti dalšího čištění, jelikož směsi vykazují velmi dobrou rozpadavost po odlití. Díky vyššímu podílu prachovým částic i poréznosti zrn je spotřeba pojiv vyšší, cca o 50 % oproti směsím s křemennými ostřivy. Vzhledem k této skutečnosti je ostřívo méně vhodné pro organická pojiva vytvrzovaná kyselým tvrdidlem [1,22,26]. Typické chemické složení a fyzikální vlastnosti jsou uvedeny v tab. 13, struktura povrchu je vyobrazena na obr. 21.



Obr. 21 Struktura povrchu dunitového ostřiva [22].

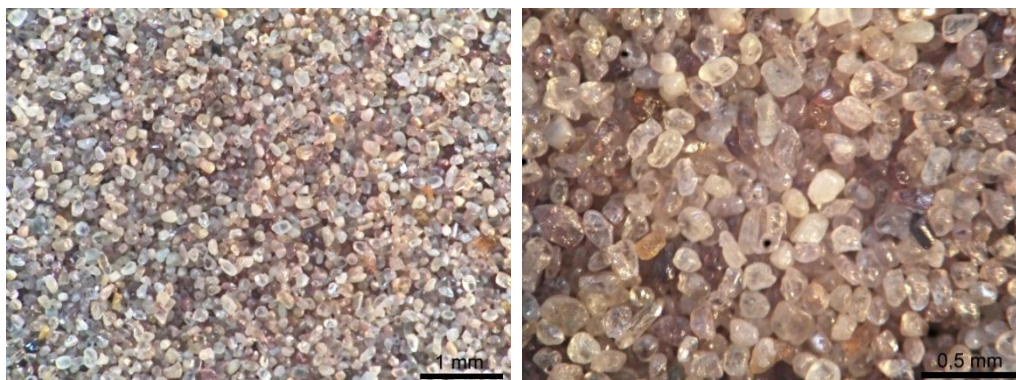
Tab. 13 Parametry dunitového ostřiva [10,38].

Parametry olivínového ostřiva			
AFS	49,62	SiO ₂	41,2 %
Velikost středního zrna d ₅₀ [mm]	0,34	Fe ₂ O ₃	9,1 %
Sypná hmotnost [g.cm ⁻³]	1,45 – 1,5	CaO	0,1 %
Podíl prachu < 0,063 mm [%]	1,8	MgO	48,8 %
Podíl prachu < 0,02 mm [%]	1,0		
Počátek spékání [°C]	1380		

3.2.3 Zirkon

Zirkonový písek chemické podstaty ZrSiO₄ se vyznačuje vysokou žáruvzdorností s nízkou lineární tepelnou dilatací, která je několikrát nižší než u ostatních běžných ostřiv. Ložiska písků se ve větší míře nachází např. v Austrálii. Zrna písku jsou vysoce kulatá a pravidelná s čistým a hladkým povrchem chemicky netečným vůči oxidům železa za vysokých teplot. Mají podstatně vyšší ochlazovací účinnost díky vysoké hodnotě koeficientu tepelné akumulace. Směsi se vyznačují odolností proti penetraci a zapékání, jsou vhodná pro masivní odlitky i tepelně namáhaná jádra. Písky neutrálního charakteru jsou vhodné pro jakoukoliv pojivovou soustavu, jejich cena je však příliš vysoká a tak se využívají

ve formě zirkonových nátěrů. Nelze ho využít pro odlitky z manganových ocelí [1,10]. Typické chemické složení a fyzikální vlastnosti jsou uvedeny v tab. 14, struktura povrchu je vyobrazena na obr. 22.



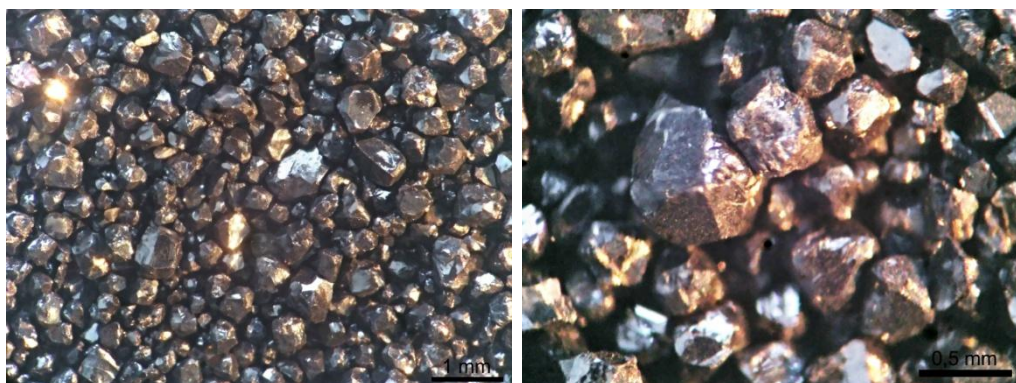
Obr. 22 Struktura povrchu zirkonového ostřiva [22].

Tab. 14 Parametry zirkonového ostřiva [37].

Parametry zirkonového ostřiva			
AFS	113	ZrO ₂	66 %
Měrná hmotnost [g.cm ⁻³],	4,2 – 4,8	SiO ₂	32,7 %
Sypná hmotnost [g.cm ⁻³]	2,7	Fe ₂ O ₃	0,2 %
Počátek spékání [°C]	> 1500	Al ₂ O ₃	0,18 %
Velikost středního zrna d ₅₀ [mm]	0,114	CaO	0,10 %
		TiO ₂	0,25 %

3.2.4 Chromit

Chromitový písek, chemickou podstatou kombinace oxidu železa a chromu FeCr₂O₄, je neutrálního až mírně zásaditého charakteru. S rostoucí alkalitou roste spotřeba kyselých katalyzátorů. Zrna jsou hranatá s hladkým povrchem, vykazující vysokou žáruvzdornost a odolnost proti penetraci a zapékání. Chromitový písek se získává těžbou chromitové rudy s následným odprašováním a tříděním, ložiska se nachází např. v Jihoafrické republice. S použitím chromitových písku je dosahováno kvalitních povrchů, cena ostřiva je však vysoká i přes jeho dobrou regeneraci. V kombinaci s vytvrzovacím procesem CO₂ vykazují směsi špatnou rozpadavost, využití nalézají především ve slévárnách oceli k přípravě samotvrzovacích směsí pro odlévání uhlíkových i legovaných ocelí. Díky schopnosti intenzivního odvodu tepla jsou využívána pro namáhané tepelné uzly a jádra [1,10,11]. Typické chemické složení a fyzikální vlastnosti jsou uvedeny v tab. 15, struktura povrchu je vyobrazena na obr. 23.



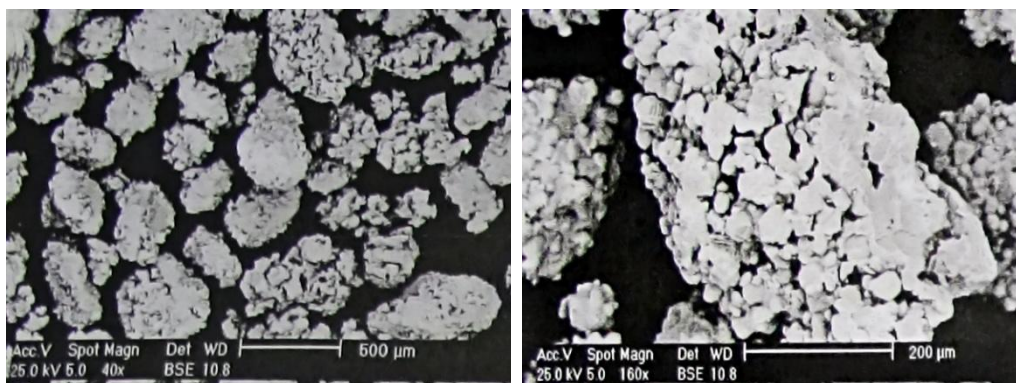
Obr. 23 Struktura povrchu chromitového ostřiva [22].

Tab. 15 Parametry chromitového ostřiva [37].

Parametry chromitového ostřiva			
AFS	44 – 45	Cr ₂ O ₃	46 %
Měrná hmotnost [kg.m ⁻³],	4500	SiO ₂	1,00 %
Sypná hmotnost [kg.m ⁻³]	2700	Fe ₂ O ₃	29 %
Počátek spékání [°C]	> 1800	Al ₂ O ₃	16 %
Velikost středního zrna d ₅₀ [mm]	0,27 – 0,35	MgO	10 %
Hodnota pH	7 – 10	CaO	0,20 %

3.2.5 Magnezit, chrommagnezit

Magnezitová ostřiva se zpracovávají z přírodního minerálu magnesitu MgCO₃ těžbou s následným praním, drcením a tříděním. Ve slévárenském průmyslu se užívá sintrovaného magnesitu, připraveného žíháním "na mrtvo" za teplot nad 1600 °C. Touto úpravou ostřivo na vzduchu nehydratuje, díky tomu mají směsi dlouhou životnost. Zrna jsou slepencového ostrohranného charakteru s dobrou pevností a granulometrickou stabilitou, zrnitost je přizpůsobena požadavkům zákazníka. Směsi s magnezitovým ostřivem vykazují dobré ochlazovací účinky, avšak vůči náhlým tepelným změnám jsou méně odolné a tak se využívá kombinace s oxidem chromitým Cr₂O₃ - chrommagnezit. Bazická ostřiva nalézají uplatnění ve slévárnách legovaných ocelí, zvláště pak manganových. Zcela nevhodná jsou pro pojení s umělými pryskyřicemi tvrditelnými kyselými katalyzátory. Zástupcem magnezitových ostřiv je např. ostřivo Jegenit slovenské společnosti Gemerská nerudná spoločnosť, a. s., jehož parametry a struktura povrchu jsou uvedeny v tab. 16 a na obr. 24 [1,8,19,21].



Obr. 24 Struktura povrchu magnezitového ostřiva [8].

Tab. 16 Parametry magnezitového ostřiva [8].

Parametry magnezitového ostřiva			
Nasákavost vodou [%]	0,2	MgO	89,5 %
Velikost středního zrna d_{50} [mm]	0,39	SiO ₂	3,5 – 4,0 %
Pravidelnost zrnitosti ostřiva $d_{75/25}$ [%]	40,3	Fe ₂ O ₃	5,0 – 5,5 %
Hodnota pH	9,89	Al ₂ O ₃	0,2 – 0,4 %
		CaO	2,4 – 2,6 %

3.2.6 Speciální ostřiva firmy Hüttenes-Albertus

R-Sand – ostřivo na bázi rutilu, s vysokou žáruvzdorností a nízkou hodnotou tepelné dilatace. Vyznačuje se zakulacenými zrny se strukturovaným povrchem (obr. 25). Vhodné pro metodu studeného jaderníku a skořepinového odlévání oceli, lehkých neželezných kovů a litiny s lupínkovým grafitem [15].

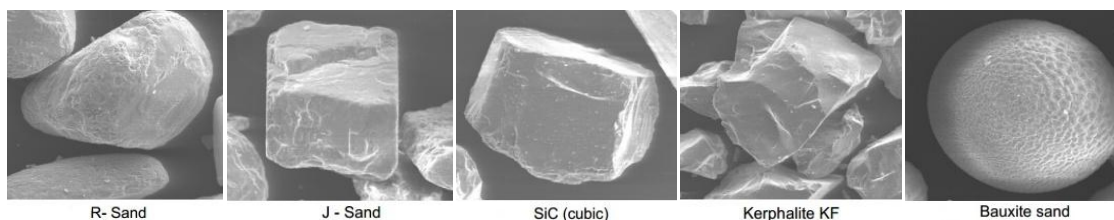
J-Sand – mineralogickým složením kombinace živců (48,5 %) a křemene (47,5 %). Oproti ostatním nabízeným ostřivům má nižší žáruvzdornost (cca 1500 °C). Relativně levný písek se zakulacenými hranami zrn s hladkým povrchem (obr. 25). Využívá se pro skořepinové odlévání, metodu studeného i horkého jaderníku, pro slitiny lehkých neželezných kovů a litiny s lupínkovým grafitem. Příkladem využití jsou výfuková potrubí vysoko-
legovaných litin, klikové skříně, jádra olejových kanálů, aj. [15,24].

SiC – technická neoxidová keramika na bázi karbidu křemíku s vysokou žáruvzdorností a nízkými hodnotami koeficientu roztažnosti. Tvar zrna je hranatý s hladkým povrchem (obr. 25). Využití pro skořepinové odlévání, odlévání metodou studeného i horkého jaderníku pro ocelové odlitky, slitiny s lupínkovým grafitem i slitiny lehkých neželezných kovů [15].

Kerphalite KF – ostřivo na bázi přírodního minerálu andalusitu s vysokou žáruvzdorností a vysokou tepelnou stabilitou. Povrch zrn je hranatý (obr. 25). Vhodný v kombinaci všech známých pojiv, pro metody horkého i studeného jaderníku, skořepinového odlévání pro oceli, litiny i slitiny lehkých a těžkých neželezných kovů. Vhodný pro složité odlitky automobilového průmyslu [15,24].

Bauxitsand – ostřívo na bázi korundu. Díky kulovitému povrchu zrn (obr. 25) je umožněno nižší dávkování pojiv. Vhodné pro všechna známá pojiva, pro odlévání oceli, litiny a slitin těžkých a lehkých neželezných kovů. Využití nalézá v automobilovém průmyslu [15,24].

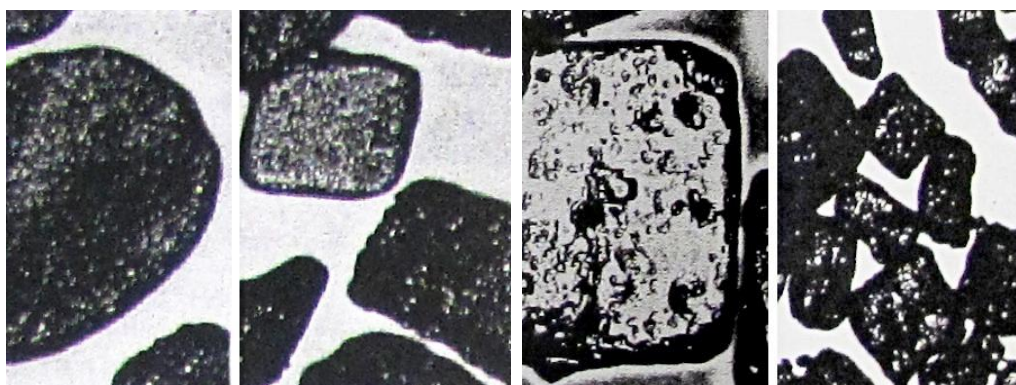
Podrobné informace včetně parametrů ostřiv jsou uvedeny v příloze 1.



Obr. 25 Struktura povrchu speciálních ostřiv firmy Hüttenes-Albertus [36].

3.2.7 Sůl – solná jádra

K výrobě solných jader se využívá anorganických solí NaCl a KCl v krystalickém pevném stavu. Formování probíhá odléváním roztavených solí, nebo vysokotlakým lisováním. Dosažené primární pevnosti za studena i za tepla předčí jádrové směsi vyráběné metodou studeného jaderníku (Cold-Box). Sůl jako ostřívo pro jádra se využívá k odlévání přesných a složitých otvorů, nepřístupných mechanickému čištění, především v automobilovém průmyslu metodou nízkotlakého lití. K přednostem patří rozměrová stálost a hladký povrch odlitků, šetrnost k životnímu prostředí díky rozpustnosti solí ve vodě a jejich následné recyklaci v uzavřeném cyklu [7,13,14,16]. Chemické a fyzikální vlastnosti solí jsou uvedeny v tab. 17, struktura krystalu je na obr. 26.



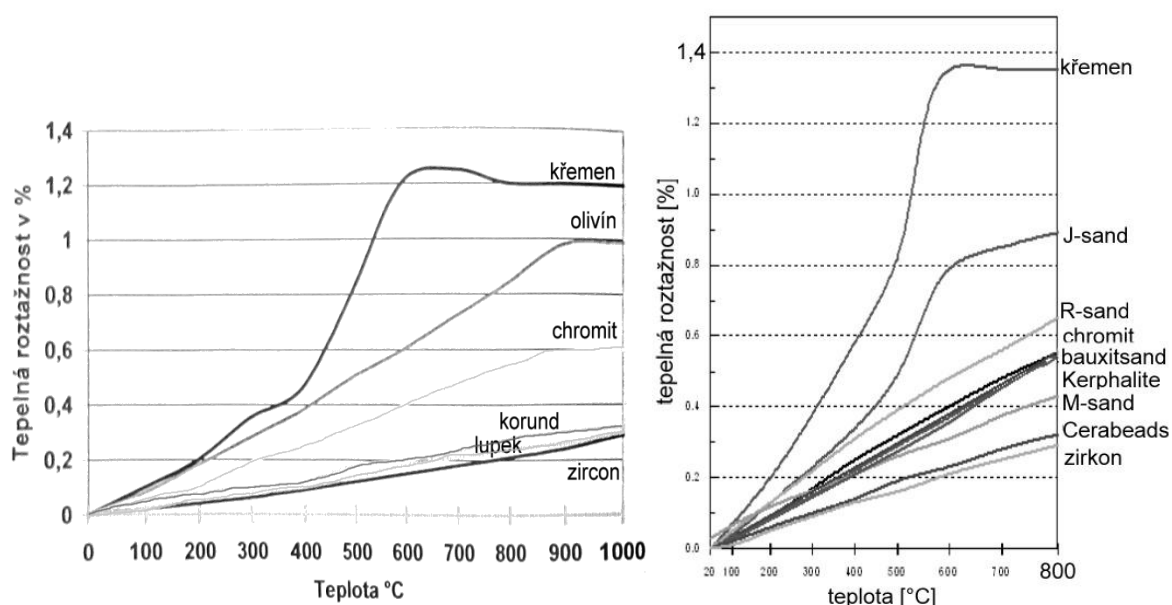
Obr. 26 Struktura krystalů soli NaCl /vlevo/ a KCl /vpravo/ [7].

Tab. 17 Fyzikálně-chemické vlastnosti solí [7].

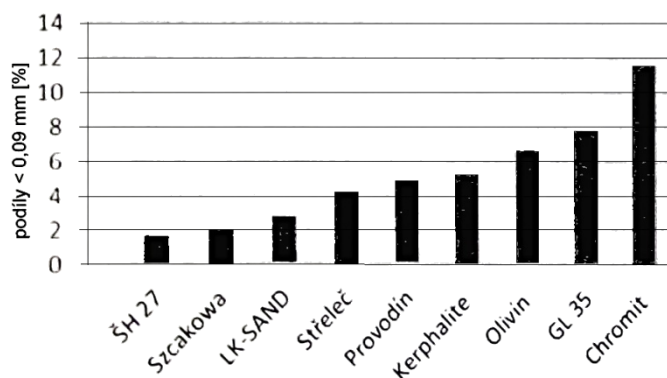
Vlastnosti solí	KCl	NaCl
Molární hmotnost [g.mol ⁻¹]	74,551	58,443
Teplota tání [°C]	770,3	801
Teplota varu [°C]	1411	1413
Hustota varu [g.cm ⁻³]	1,981	2,163

4 SROVNÁNÍ VYBRANÝCH OSTŘIV

Slévárenská ostřiva lze srovnávat podle různých kritérií. Nejčastěji se srovnává tepelná roztažnost ostřiv, která v nemalé míře ovlivňuje kvalitu povrchu, především tvorbu zá lupů. Jak je patrné z obr. 27, neplynulá tepelná dilatace křemenných písků dosahuje vyšších hodnot než jiné písky např. zirkonové, které se vyznačují nízkou lineární dilatací. Na obr. 29 je vyobrazeno srovnání teplot počátku spékání ostřiva a žáruvzdornosti ostřiva, hodnoty se mohou lišit v závislosti na zdroji informací (při výzkumu jsou použity různé druhy písků s odlišným původem i velikostí zrn). Nízké hodnoty ovlivňují oblast použití daného písku (licí teplota oceli ~1650 °C, litiny ~1350 °C) a také tvorbu povrchových vad (př.: zapečeniny). Oba uvedené příklady povrchových vad se dají ovlivnit volbou granulometrické skladby ostřiva, která je neméně důležitá při dávkování pojiv [1]. Srovnání tvaru a velikosti středního zrna (u písků s rozsáhlejší nabídkou zrnitosti jsou uvedeny krajní hodnoty) je provedeno v tabulce 18. Na obr. 28 je srovnání obsahu podílů menších 0,09 mm.



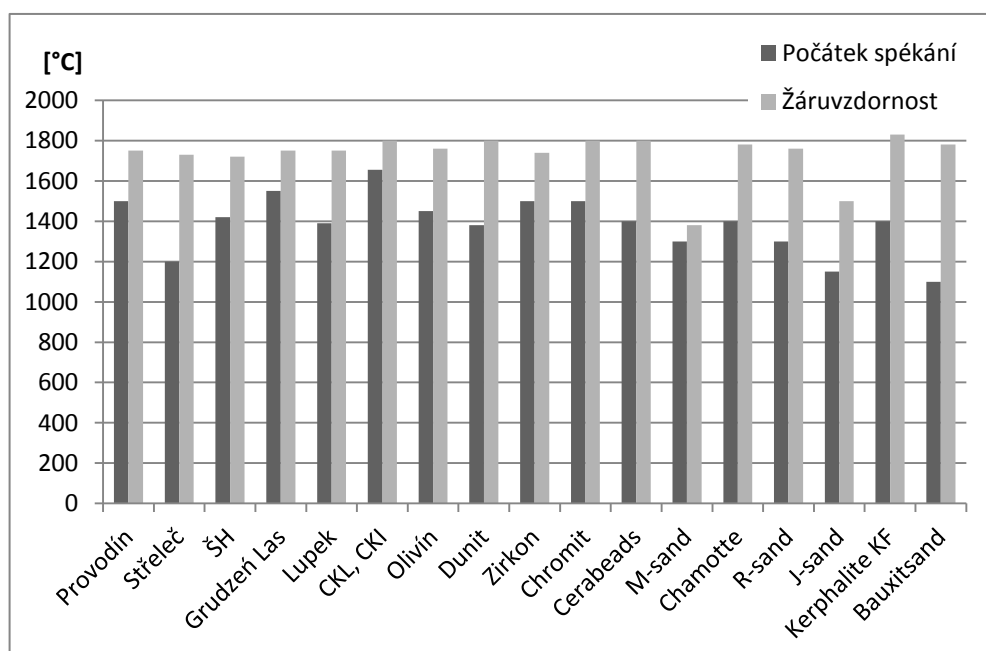
Obr. 27 Srovnání tepelné roztažnosti některých ostřiv [9,36].



Obr. 28 Srovnání obsahu podílů menších 0,09 mm vybraných ostřiv [5].

Tab. 18 Srovnání velikosti a tvaru zrn ostřiva.

		Střední zrno [mm]	Tvar zrn
Křemenná ostřiva	Provodín	0,30 – 0,82	zaobleně hranaté
	Střeleč	0,15 – 0,97	hranaté
	Šajdíkové Humence	0,22 – 0,70	kulaté
	Szczakowa	0,27	zakulacené
	Grudzeń Las	0,12 – 0,40	oválné
	GBM	0,36	kulovité
	Nekřemenná ostřiva	Lupek	0,1 - 60
Molochit		0,18 - 2,0	ploché
LK Sand		0,35	ostrohranné
Olivín		0,34	zaobleně hranaté
Dunit		0,34	nepravidelné
Zirkon		0,11	kulaté
Chromit		0,29 – 0,34	zaobleně hranaté
Jegenit		0,39	ostrohranné
Hüttenes-Albertus	Cerabeads	0,11 – 0,38	kulovité
	M-sand	0,23	hranaté
	Chamotte	0,31	hranaté
	R-sand	0,18	zakulacené
	J-sand	0,17 – 0,33	zakulacené
	SiC	0,18 – 0,30	hranaté
	Kerphalite KF	0,17 – 0,28	hranaté
	Bauxitsand	0,23	kulovité



Obr. 29 Srovnání teplot počátku spékání a žáruvzdornosti ostřiv.

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo pochopení úlohy slévárenských ostřiv v procesu výroby odlitek a zpracování přehledu používaných ostřiv pro výrobu forem a jader včetně popisu oblasti jejich použití.

První kapitola pojednává o základních pojmech a všeobecném seznámení s problematikou formovacích směsí. Stručně jsou objasněny pojmy:

- ostřívo a jeho granulometrické charakteristiky (zrnitost, tvar a povrch zrn, aj.),
- pojivo a jeho rozdělení (organická, anorganická, 4 generace formovacích směsí),
- přísady (nátěry a uhlíkaté přísady),
- vlastnosti formovací směsi jako celku (pevnost, formovatelnost, navlhavost, aj.).

Na toto téma by se dalo popsat mnoho stránek, to ovšem není cílem této práce. Podrobné informace jsou k nastudování v citovaných literaturách.

Druhá kapitola je zaměřena na křemenná ostřiva, která patří k nejrozšířenějším a ekonomicky příznivějším s širokou škálou použití. Kvalitní křemenné písky se všeobecně vyznačují vysokým obsahem SiO_2 a minimálním obsahem nežádoucích oxidů. Odlévání do křemenných písků s sebou přináší nevýhody v podobě:

- zvýšené reaktivnosti (kyselý křemen reaguje za vysokých teplot s oxidy zásaditými → vznik lehce tavitelných produktů → snížená žáruvzdornost → vznik povrch. vad),
- silikózy (smrtelně nebezpečná nemoc z povolání),
- neplynulé tepelné dilatace a cristobalitické expanze (změna objemu v důsledku přeměny krystalové mřížky → nepřesnosti rozměrové i tvarové, vznik napětí → povrchové vady).

Zmíněny jsou nejvýznamnější české i zahraniční písky, které jsou k dostání v široké škále zrnitostí:

- ložisko Provodín (zrna se zaoblenými hranami, počátek spékání $>1500\text{ }^\circ\text{C}$),
- ložisko Střeleč (zrna zaobleně hranatá, počátek spékání $1200\text{ }^\circ\text{C}$),
- ložisko Šajdíkové Humence (pravidelnost a kulatost zrn s hladkým povrchem, spékavost $1420\text{ }^\circ\text{C}$, nevhodný pro oceli),
- ložisko Szczakowa (hrubozrnné ostřívo s zakulaceným hladkým povrchem),
- ložisko Grudzeń Las (dobrá tepelná odolnost, oválná hladká zrna, spékavost $1550\text{ }^\circ\text{C}$),
- ložiska Frechen a Haltern (vysoká kvalita zrn, spékavost $1575\text{ }^\circ\text{C}$),
- ložisko GBM (kvalitní kulovitá zrna, spékavost $1650\text{ }^\circ\text{C}$, dobrá rozpadavost po odlití).

Jsou vhodné pro odlévání litin, některé i ocelí (s výjimkou manganových ocelí) v kombinaci se známými typy pojivových soustav, nejčastěji CT a ST směsí. Pro odlitky z litiny a slitin neželezných kovů volíme písky jemnější. Ostrohranný písek je vhodnější k přípravě syntetických směsí, pro jádrové směsi s organickými pojivy volíme písky s kulatým tvarem a hladkým povrchem zrn.

Třetí kapitola pojednává o slévárenských ostřivech nekřemenných na bázi aluminosilikátů (získávané vypalováním) i drahých přírodních minerálů. Do přehledu jsou zahrnuta ostřiva:

- lupek (ostrohranné ostřívo s nízkou nasákavostí, vhodné pro směsi s vodním sklem a bentonitem i pro organické pojivové systémy),
- molochit (plochá zrna s drsným povrchem, odolnost vůči tepelným šokům, vhodné pro přesné lití a skořepinové formy),
- LK Sand (ostrohranné ostřívo s vysokou otěruvzdorností a nízkou nasákavostí, odlévání ocelí i litin v kombinaci s organickými i anorganickými pojivy),

- CKL, CKI (pravidelného kulového tvaru s nízkou dilatací, vhodné pro oceli, slitiny lehkých neželezných kovů i litin),
- olivín (minerál zelené barvy s hranatými hladkými zrny, vhodný pro chromniklové a manganové oceli, slitiny hliníku),
- dunit (nepravidelné zrno s porézním povrchem, vhodné pro legované oceli, pro CT i ST směsi, méně vhodné pro organická pojiva vytvrzovaná kyselým tvrdidlem),
- zirkon (velmi nízká tepelná dilatace, zrno kulatá s hladkým povrchem, dobrá ochlazovací schopnost, vhodné pro namáhaná jádra i masivní odlitky, vysoká cena),
- chromit (hrnatá zrno s hladkým povrchem, CT směsi vykazují špatnou rozpadavost, vhodné pro ST směsi, odlévání legovaných ocelí, zvláště tepelně namáhaných jader),
- magnezit (zrno slepencového ostrohranného tvaru, ostřivo nehydratuje na vzduchu → vysoká životnost, uplatnění především pro odlévání manganových a legovaných ocelí, nevhodné pro pojení umělými pryskyřicemi tvrzenými kyselým katalyzátorem),
- sůl (především pro jádra a přesné složité otvory, velmi šetrné k životnímu prostředí),
- speciální písky firmy Hüttenes-Albertus (vyznačují se vysokou žáruvzdorností a nízkou hodnotou tepelné dilatace, vhodné pro odlévání litin, ocelí i slitin neželezných kovů, podrobný rozbor popisuje příloha 1).

Až na výjimky jsou ostřiva použitelná v široké oblasti metod i kombinací pojivových systémů pro odlévání známých strojírenských materiálů, především v oblasti automobilového průmyslu. Společným ukazatelem ostřiv je velmi dobrá kvalita povrchu odlitků, avšak za vyšší cenu.

Částečné srovnání ostřiv je provedeno v kapitole čtvrté. Kritéria pro srovnání mohou být rozmanitá, uvedeny jsou teplotní roztažnosti, počátek spékání a žáruvzdornost ostřiv, velikosti středního zrna a tvar povrchu zrn. Vhodné by bylo uvést srovnání užitných vlastností formovacích směsí, kterými jsou vaznost směsi za syrova, pevnost po vysušení, nasákavost ostřiv a další. Toto by mohlo být náplní navazujících prací podložených výzkumem.

Vytyčené cíle práce byly splněny s určitou rezervou, vzhledem k obsáhlosti daného tématu. Existuje celá řada ostřiv, především pak křemenných, lišící se stát od státu. Každá země přizpůsobuje slévárenskou výrobu dle dostupných možností v závislosti na geologickém původu, především z důvodu ekonomického, protože dovoz drahých ostřiv se nemusí vždy vyplatit. Ostřiva procházejí tepelnou, chemickou i mechanickou úpravou za účelem dosažení požadovaných vlastností, především z důvodu snížení dávkování pojiv. Právě pojiva z velké části určují výsledné vlastnosti formovacích směsí. V práci jsou zmiňována pouze okrajově z důvodu velkého množství informací, které by zasloužily samostatně vypracovanou studii. Ostřiva jsou většinou vhodná pro téměř všechny typy pojiv, avšak vzájemná interakce obou složek by stála za podrobnějším rozbor, především z důvodu konkretizace oblasti použití a využitelnosti výsledků pro slévárenskou praxi. Práce slévárenských technologů určitě stojí za obdiv. Získání komplexních znalostí v oblasti slévárenství je nelehkým úkolem nejen vysokoškolských učitelů a zaměstnavatelů v tomto oboru, ale jde především o naši osobní snahu, být nejen vzdělaným, ale také moudrým člověkem.

*„Jsme obklopeni moudrostí, člověk není jejím pramenem,
nýbrž pouhou nádrží a může vydat jen to, co nasbíral.“*

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- 1 JELÍNEK, Petr. *Disperzní soustavy slévárenských formovacích směsí: ostrřiva*. Ostrava: Petr Jelínek, 2000, 138 s. ISBN 80-238-6118-2.2.
- 2 RUSÍN, Karel. *Slévárenské formovací materiály: celostátní vysokoškolská učebnice pro skupinu studijních oborů strojírenství a ostatní kovodělná výroba*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1991, 386 s.
- 3 PETRŽELA, Lev. *Slévárenské formovací látky*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1955, 636 s.
- 4 JELÍNEK, Petr. *Pojivové soustavy slévárenských formovacích směsí: (chemie slévárenských pojiv)*. [Ostrava: P. Jelínek], 2004, 241 s. ISBN 80-239-2188-6.
- 5 ANTOŠ, Petr, Barbora ANTOŠOVÁ, Alois BURIAN, Markéta PŘEROVSKÁ a Marie KAJZAROVÁ. Využití nekřemenného ostrřiva LK-Sand pro výrobu slévárenských forem a jader. In: *Slévárenské formovací materiály: Gießerei-Formstoffe = Foundry Moulding Materials : mezinárodní konference, 13. ročník : 10. a 11.4.2013, Hotel Kurdějov*. 1. vyd. Brno: Česká slévárenská společnost, 2013, s. 69 - 77. ISBN 978-80-02-02454-5.
- 6 ANTOŠ, Petr, Barbora ANTOŠOVÁ, Alois BURIAN a Pavel ROUBÍČEK. Využití lupků jako ostrřiva 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.
- 7 JELÍNEK, Petr, František MIKŠOVSKÝ, Eliška ADÁMKOVÁ. Solná jádra a možnosti jejich aplikace. 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 - 83. ISBN 978-80-02-02316-6.
- 8 JELÍNEK, Petr, František MIKŠOVSKÝ, Pavel CIBULIAK, Lubomír URBAN a Peter MAGVAŠI. Jegenit "TS KG 90" - Nové bazické ostrřivo slévárenských formovacích směsí. In: *Formovací materiály: Formstoffe = Moulding Materials: mezinárodní konference : 10. ročník : 17. a 18.4.2007 Hotel Jehla, Českomoravská vrchovina, Žďár nad Sázavou*. 1. vyd. Brno: Česká slévárenská společnost, 2007, s. 27 - 36. ISBN 978-80-02-01925-1.
- 9 ROUBÍČEK, Pavel. Lupek - slévárenské ostrřivo. In: *Formovací materiály: Formstoffe = Moulding Materials : mezinárodní konference : 10. ročník : 17. a 18.4.2007 Hotel Jehla, Českomoravská vrchovina, Žďár nad Sázavou*. 1. vyd. Brno: Česká slévárenská společnost, 2007, s. 37 - 43. ISBN 978-80-02-01925-1.
- 10 CUPÁK, Petr a Kamilo TOMÁŠ. Zkušenosti s použitím nekřemenných ostrřiv při výrobě ocelových odlitků. In: *Moderní formovací materiály: Moderne Formstoffe = Modern moulding materials : mezinárodní konference - 9. ročník : 19. a 20.4.2006, Hotel Devět Skal, Českomoravská vrchovina, Milovy*. Vyd. 1. Brno: Česká slévárenská společnost, 2006, s. 101 - 112. ISBN 80-02-01818-4.

- 11 MASIAR, Harold, Jozef KASALA, Marianna NEMCOVÁ a Magdaléna SMOLKOVÁ. Formovací směsi pro metodu bezmodelového formování. In: *Moderní formovací materiály: Moderne Formstoffe = Modern moulding materials: mezinárodní konference - 9. ročník : 19. a 20.4.2006, Hotel Devět Skal, Českomoravská vrchovina, Milovy*. Vyd. 1. Brno: Česká slévárenská společnost, 2006, s. 187 - 197. ISBN 80-02-01818-4.
- 12 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.
- 13 ADÁMKOVÁ, Eliška, Petr JELÍNEK a Soňa ŠTUDENTOVÁ. Aplikace kuchyňských solí při výrobě vodou rozpustných jader odlitek tlakového lití. *Slévárenství*. Brno: Svaz sléváren ČR, 2013, č. 11 - 12, s. 414 - 418. ISSN 0037-6825.
- 14 JELÍNEK, Petr, František MIKŠOVSKÝ, Jaroslav BEŇO a Eliška ADÁMKOVÁ. Vývoj technologie výroby solných jader. *Slévárenství*. Brno: Svaz sléváren ČR, 2013, č. 1 - 2, s. 28 - 30. ISSN 0037-6825.
- 15 RECKNAGEL, Ulrich a Martin DAHLMANN. Speciální písky - ostřiva pro moderní výrobu jader a forem. *Slévárenství*. Brno: Svaz sléváren ČR, 2013, č. 1 - 2, s. 44 - 48. ISSN 0037-6825.
- 16 JELÍNEK, Petr, František MIKŠOVSKÝ a Eliška ADÁMKOVÁ. Ovlivňování pevnostních charakteristik solných, ve vodě rozpustných jader. *Slévárenství*. Brno: Svaz sléváren ČR, 2013, č. 3 - 4, s. 85 - 89. ISSN 0037-6825.
- 17 BECHNÝ, Vladimír. Požadavky na zlievárenské piesky v budúcnosti. *Slévárenství*. Brno: Svaz sléváren ČR, 2012, č. 7 - 8, s. 269 - 270. ISSN 0037-6825.
- 18 HLAVSA, Petr a Marko GRZINČIČ. Přínosy čištění ostřiva Šajdíkové Humence hydraulickým otíráním (atritace) pro výrobu náročných odlitek z Al slitin. *Slévárenství*. Brno: Svaz sléváren ČR, 2011, č. 9 - 10, s. 315 - 317. ISSN 0037-6825.
- 19 JELÍNEK, Petr, Přemysl POKORNÝ, Blanka VYLETOVÁ a Petr CIBULIAK. Využití kombinace chromitu a magnezitových ostřiv Jegenit v technologii ALPHA-SET. *Slévárenství*. Brno: Svaz sléváren ČR, 2009, č. 7 - 8, s. 257 - 258. ISSN 0037-6825.
- 20 KONŠEL, Miroslav. Jakostní polské křemenné ostřivo z pískovny Szczakowa. *Slévárenství*. Brno: Svaz sléváren ČR, 2007, č. 5 - 6, s. 240. ISSN 0037-6825.
- 21 JELÍNEK, Petr, František MIKŠOVSKÝ, Pavel CIULIAK, Lubomír URBAN a Peter MAGVAŠI. Nový druh bazického ostřiva sintmagnezit "JEGENIT". *Slévárenství*. Brno: Svaz sléváren ČR, 2007, č. 11 - 12, s. 540 - 545. ISSN 0037-6825.
- 22 CUPÁK, Petr a Kamilo TOMÁŠ. Zkušenosti s nekřemennými ostřivy ve slévárně oceli ŠMERAL Brno, a.s. *Slévárenství*. Brno: Svaz sléváren ČR, 2006, č. 6, s. 222 - 226. ISSN 0037-6825.
- 23 OŠUM, Jiří a Petr OSTRČIL. FOND-EX 2006 - novinky v oblasti formovacích materiálů a metod výroby forem a jader. *Slévárenství*. Brno: Svaz sléváren ČR, 2006, č. 7 - 8, s. 277 - 281. ISSN 0037-6825.

- 24 DAHLMANN, Martin, Ulrich RECKNAGEL, Stefan IVANOV a Miroslav LUBOJACKÝ. Speciální pisky firmy Huttenes-Albertus pro výrobu slévárenských forem a jader. *Slévárenství*. Brno: Svaz sléváren ČR, 2006, č. 10 - 11, s. 416 - 417. ISSN 0037-6825.
- 25 CUPÁK, Petr, Kamilo TOMÁŠ. Využití záporné tepelné dilatace lupkového ostřiva ke snížení zbytkových pevností formovacích směsí s vodním sklem. *Slévárenství*. Brno: Svaz sléváren ČR, 2006, č. 12, s. 462 - 464. ISSN 0037-6825.
- 26 TOMÁŠ, Kamilo. Použití dunitového ostřiva pro výrobu odlitků. *Slévárenství*. Brno: Svaz sléváren ČR, 2000, č. 4, s. 197 - 203. ISSN 0037-6825.
- 27 SOUKUPOVÁ, Lucie. *Optimalizace technologie výroby odlitků ze slitin Al metodou vytavitelného modelu*. Brno, 2013. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/studium/zaverecne-prace?zp_id=64085. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce prof. Ing. Milan Horáček, CSc.
- 28 *Provodínské pisky, a.s.* [online]. 2010 [vid. 2014-09-01]. Dostupné z: <http://www.pisky.cz/>
- 29 *Sklopísek Střeleč* [online]. © 2010 [vid. 2014-09-01]. Dostupné z: <http://www.glassand.eu/>
- 30 *KERKOSAND* [online]. 2010 [vid. 2014-09-01]. Dostupné z: <http://www.kerkosand.sk/>
- 31 *H-GLOST* [online]. 2010 [vid. 2014-09-01]. Dostupné z: <http://www.h-glost.cz/>
- 32 *Grudzen Las Sp. z o.o.* [online]. 2010 [cit. 2014-09-01]. Dostupné z: <http://www.grudzenlas.pl/>
- 33 *GIBA* [online]. 2013 [vid. 2014-09-03]. Dostupné z: <http://www.giba.at/>
- 34 *ČESKÉ LUPKOVÉ ZÁVODY, a.s.* [online]. 2014 [vid. 2014-09-03]. Dostupné z: <http://www.cluz.cz/>
- 35 *SAND TEAM, spol. s r.o.* [online]. 2014 [vid. 2014-09-03]. Dostupné z: <http://www.sandteam.cz/>
- 36 *Huttenes-Albertus* [online]. 2014 [vid. 2014-09-04]. Dostupné z: <http://www.huettenes-albertus.com/>
- 37 *FORMSERVIS* [online]. © 2008 [vid. 2014-09-08]. Dostupné z: <http://www.formservis.cz/>
- 38 *JAP TRADING, s.r.o.* [online]. © 2010 [cit. 2014-09-08]. Dostupné z: <http://www.jap.cz/>
- 39 *Quarzwerke Österreich* [online]. 2014 [cit. 2014-08-28]. Dostupné z: <http://www.quarzwerke.at/>
- 40 *Quarzwerke Gruppe* [online]. 2014 [cit. 2014-08-26]. Dostupné z: <http://www.quarzwerke.com/>
- 41 *IFME* [online]. 2014 [cit. 2014-08-29]. Dostupné z: <http://www.ifme.eu/scopi/group/foundry/foundry.nsf/pagesref/SBDD-8J2TZX?OpenDocument&lang=en>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Jednotka	Popis
AFS	[-]	číslo zrnitosti
d_{50}	[mm]	střední velikost zrna
$d_{75/25}$	[%]	číslo stejnoměrnosti
pH	[-]	potential of hydrogen = vodíkový exponent
Označení	Popis	
B 253	značení lupkového ostřiva	
CKI	značení keramického ostřiva firmy Giba	
CKL	značení keramického ostřiva firmy Giba	
CT	směsi vytvrzované CO ₂ procesem	
F 32	značení písku lokality Frechen	
GBM 45	značení amerického ostřiva	
GL 35	značení písku lokality Grudzeń Las	
H 32	značení písku lokality Haltern	
PR 31	značení písku lokality Provoďín	
SH 32	značení písku lokality Šajdíkové Humence	
ST	samotvrdnoucí směsi	
ST 52	značení písku lokality Střeleč	
Zpm	Rájecký zelený písek	

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Speciální písky firmy Hüttenes-Albertus

Special Sands – Base Materials for State-of-the-Art Cores and Moulds

Ulrich Recknagel and Martin Dahlmann, HA Düsseldorf, Germany

Since the mid-twentieth century, the German foundry industry has been using high-quality silica sands specially treated to suit the needs of mouldmaking and coremaking.

Thanks to numerous deposits, there is an ample supply of silica sand in Germany, which is needed for all moulding and coremaking processes that depend on the use of sand as a base material.

In retrospect

With the development and market introduction of organically bonded moulding sands, the limits of use of silica sand became obvious. From 1960 on, chrome ore sand was therefore used for the manufacture of steel castings, with which clean casting surfaces were achieved [1].

The introduction of steel castings only became possible in the first place due to a ceramic sand – chamotte – developed in Bochum (Germany) in 1841 [2].



Core made with special sand: J-Sand

The precision casting process, too, strongly emerging between 1940 and 1945, was closely linked with the use of zircon, mullite, corundum, and chamotte, which were readily available by that time. Zircon and olivine sands were used for the production of cores and moulds following J. A. Croning's shell moulding process that improved rapidly from 1950 on. This brief historical overview shows that the manifold foundry developments were only possible with silica sand as a base material.

VDG Merkblatt R 201, Foundry Moulding Materials – Terminology, defines “base materials” as follows: “The base material is sand constituting the main component of the moulding material as filler material. In general, base materials do not fulfil the function of a binding agent. Sand is an assembly of grains, mainly with a grain size distribution of 0.063 to 1.50 mm.”

Base materials belong to the group of industrial minerals, which in a great variety of ways contribute to the production of a casting. Industrial minerals are included in or the main constituent of: moulding sands, coatings, feeders and filters, refractories for furnaces and ladles, melt and ladle treatment agents, and grinding agents for the secondary treatment of castings.

Further development of moulding sand to eliminate casting defects

At the end of the 20th century, progress in the development of castings placed increasing demands on the base materials, especially in regard to reduced refinishing times and costs by eliminating new casting defects that mainly manifested themselves as sand expansion defects, i.e. finning/veining. Sand expansion defects are the result of the particularly intensive thermal expansion of silica sand within temperatures of 200 – 600 °C, which mainly occurred when organic binding agents were used. The particular concern in automotive and hydraulic casting was to eliminate such defects by using Cold-Box cores. At the beginning of the 1990s, Hepworth Mineralien und Chemikalien GmbH launched a low-expansion base material on the German

market named special sand “J-Sand”. It was used for the production of Cold Box cores and coated sands. Other base materials that are otherwise needed for the manufacture of refractory material, such as andalusite and chamotte, were used for the production of shell moulding materials after appropriate treatment [3]. These new moulding sand formulas to a very large extent helped prevent the formation of sand expansion defects.

In 1997, Matsubara [4] published a report on the development of spherical ceramic sand, Naigai Cerabeads, in Japan. The apparent benefits of this sand, i.e., low linear thermal expansion, high refractoriness, and excellent flowability, soon paved the way for its use in recipes for coated sands and application for hydraulic castings. Comprehensive research results about these sands were published in [5].

Since Sibelco Foundry Material GmbH became a member of the HA Group in 2003, the base materials developed by both companies have been offered to the foundry industry on a standard basis as HA Special Sands, namely J-Sand, Kerphalite KF, Cerabeads, M-Sand, R-Sand, and Bauxite Sand [6].

What is “special sand”?

The term special sand covers all industrial minerals (except silica sand) used together with common foundry binders as base materials for the manufacture of cores and moulds/dies.

Special sands are natural mineral sands or sintering and melting products made in or converted into the shape of grains by breaking, milling and classifying, or inorganic mineral sands created by other physicochemical processes.

Compared with silica sands, special sands have a significantly lower thermal expansion coefficient in the temperature range of 20 – 600 °C, and they also differ in regard to certain other physical characteristics.

Properties of special sands

Thermal expansion behaviour

DIN 51 045 defines the temperature-dependent change in length of a solid body as follows:

“When subjected to thermal stress, solid substances change their volume and will either increase (expansion) or decrease in volume (shrinkage). The absolute value by which a body changes its volume in response to a change in temperature is a thermophysical parameter.

The temperature-dependent change in length, Δl , is given by the sum of the reversible thermal change in length, the changes in length from reversible changes in modification, and the irreversible components of the change in length caused by mass transfer, change in modification, recrystallization, formation of a melting phase, and crystallization.

The temperature-dependent change in length, Δl , is given by the change in length of a test specimen from initial length l_0 at initial temperature T_0 (usually 20 °C) to length l_T at temperature T . The measure of the change in length caused by the effect of temperature is the length expansion coefficient α :

$$\alpha = \Delta l / (l_0 \cdot \Delta T) \quad \text{mm/mm} \cdot \text{K}$$

The length expansion coefficient is given for a certain temperature interval $\Delta T = 20 - 300^\circ\text{C} / 20 - 600^\circ\text{C} / 20 - 800^\circ\text{C}$, the specification of a relative temperature-dependent change in length (elongation) as a percentage relative to the initial length l_0 , or as a graphic representation of the change in length as a function of the temperature (elongation curve). Quartz plays a special role among the moulding materials in regard to its thermal expansion behaviour. (Figure 1)

As the temperature rises, a transition of the quartz structure occurs from trigonal low quartz to hexagonal high quartz when the displacive transition temperature of 573°C is reached. Such a displacive phase transition takes place instantaneously and is reversible [7].

The high thermal expansion gradient of quartz with an elongation of approx. 1.2 % within a temperature range of $20 - 600^\circ$ is crucial to the occurrence of sand expansion defects.

Among the base materials, quartz has the highest longitudinal expansion coefficient (Table 1)

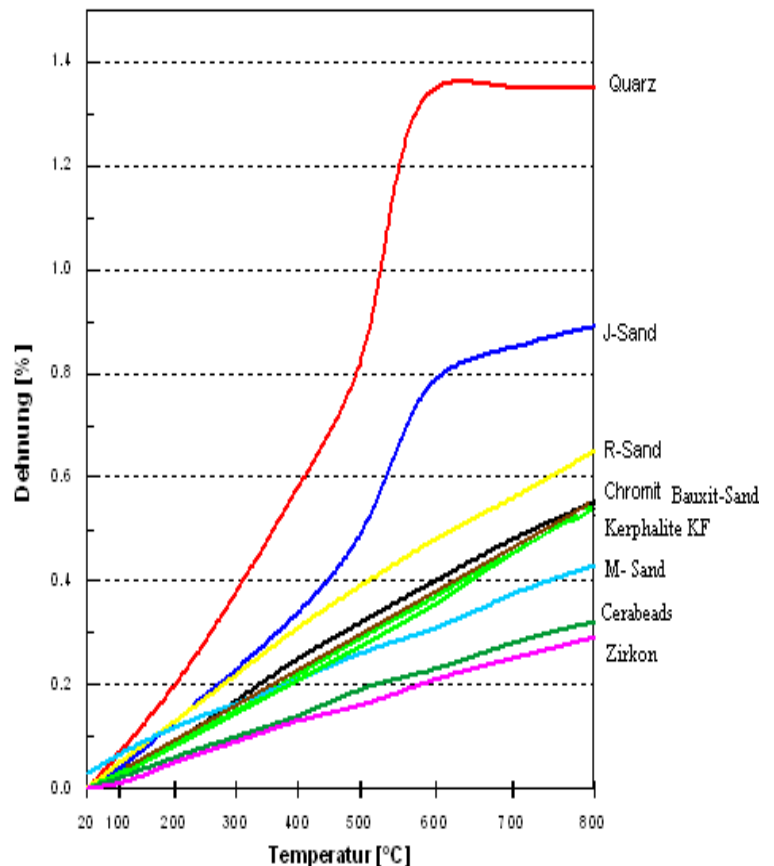


Figure 1: Elongation curve of base materials
Measurements: Quarzwerke Frechen, Johann-Friedrich-Böttger Institute, Prüflabor Selb

Linear Expansion Coefficient [α] $10^{-6} \cdot \text{K}^{-1}$			
	20-300°C	20 – 600°C	20 – 800°C
Silica sand	14	23	17
J – Sand	8,1	13,7	11,5
R- Sand	8,1	8,4	8,3
Bauxit- Sand*	6,2	7,2	7,4
Chromit	7,1	7,5	7,5
Kerphalite KF	5,3	6,5	7,0
M – Sand	4,2	4,5	4,8
Cerabeads	3,5	4,0	4,3
Zircon	3,4	4,1	4,5

Table 1: Linear expansion coefficient of base materials
Measurements: Quarzwerke Frechen, *Johann-Friedrich-Böttger Institute, Prüflabor Selb

Thermal conductivity

The thermal conductivity λ of a substance is a measure of the velocity with which heat propagates within the substance. Normally, the thermal conductivity is determined using so-called stationary methods on geometrically simple test specimens, while the temperatures in different surfaces and the heat flow volume passing through these surfaces are measured. Geometrically simple bodies, such as flat plates (panel test) or hollow cylinders (pipe test) are used.

Temperatures T_1 and T_2 are determined within distance l of surface q , through which a steady heat flux Q flows vertically to surface q .

Hence:

$$\frac{Q}{t} = \lambda q \cdot \frac{\Delta T}{l} \quad (\text{k J/ h})$$

$$\lambda = \frac{Q \cdot l}{t \cdot q \Delta T} \quad (\text{W/mK}) \text{ or } (\text{kJ/ mhK})$$

Measurements of the thermal conductivity of base materials with stationary absolute methods using pipe test rigs for uncoated moulding sands (Figure 2) and panel test rigs for furan resin coated moulding sands (Figure 3) within a temperature range of 100 to 1000 °C show that there is a consistent tendency for aluminium silicate sands towards lower values, and for heavy minerals including quartz sand towards higher values.

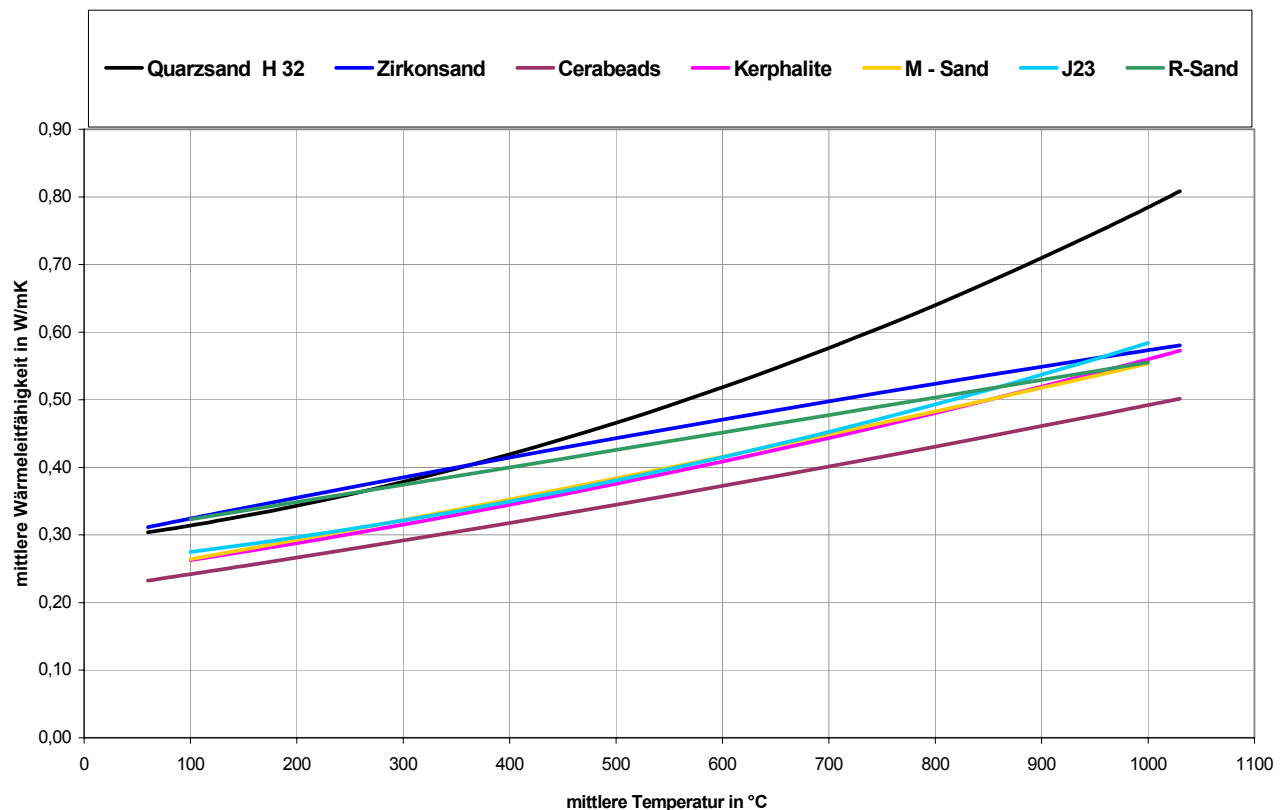


Figure 2: Thermal conductivity of uncoated sands (pipe test)

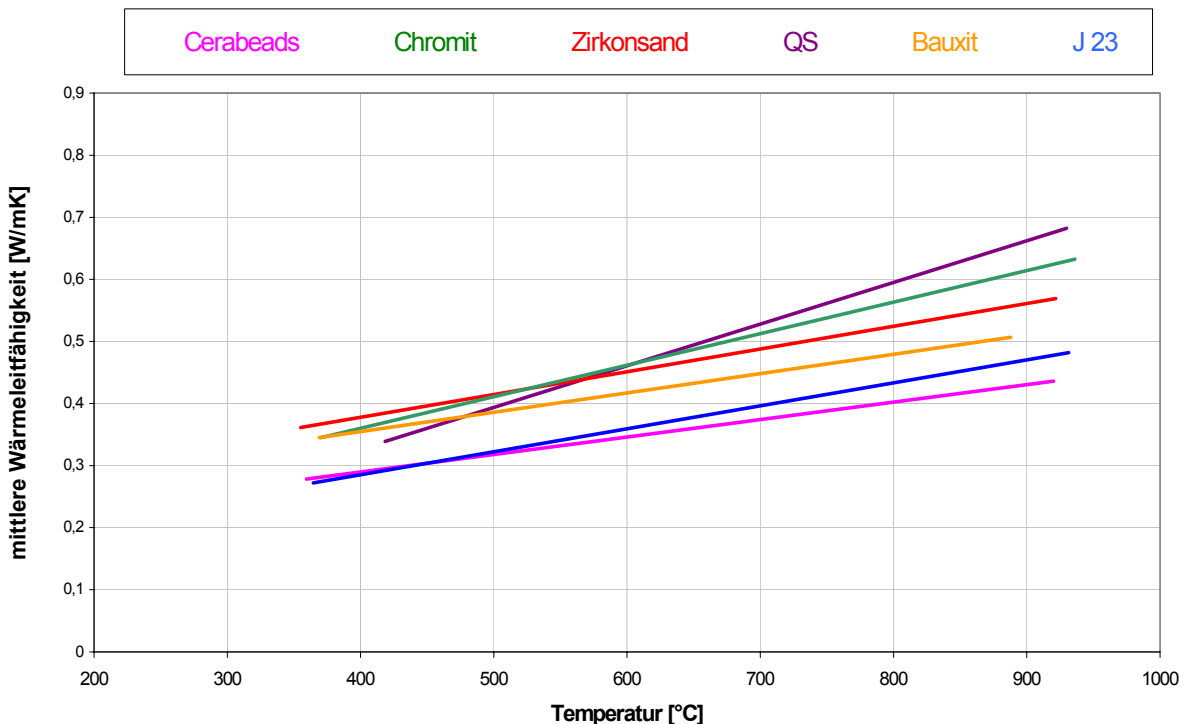


Figure 3: Thermal conductivity of furan resin bonded sands (panel test)

Refractoriness

Base materials do not usually have a definite melting point. Sintering takes place before the proper melting process sets in.

Depending on the type of base material, a different sintering interval is used for the sintering of sand. The beginning and the end of the sintering process, i.e., the transition to the initial flowing point or melting point can easily be observed with a heating microscope. The method of determining the beginning of sintering according to VDG Merkblatt P 26, strictly speaking, only helps determine the beginning of sand grain fusion [1].

The thermal load capacity of a sand can be characterized by determining its pyrometric cone equivalent according to Seger as outlined by DIN 51063.

Figure 4 shows the sintering behaviour of special sands as observed with a heating microscope at a heating rate of 10 K/min.

As J-Sand is high in feldspar, it shows a typically ceramic sintering behaviour, with the process of sintering setting in at 1175 °C, a hemisphere temperature of 1480 °C, and a flow point at 1600 °C, while the end of sintering of the special sands of higher refractoriness is above the maximum measuring temperature of 1740 °C.

Table 2 shows the values determined for the beginning of sintering, the end of sintering according to the VDG testing method and as observed with a heating microscope, as well as the pyrometric cone temperature according to Seger.

		Kerphalite	Cerabeads	M- Sand	Bauxitsand	R- Sand	J- Sand
Sinterbeginn VDG P 26	°C	1050	1200	1275	1100	1250	1150
Sinterbeginn EHM	°C	1660	1660	>1740	>1440	>1700	1175
Sinterende EHM	°C	>1740	>1740	>1740	>1740	>1700	1480
Kegelfalltemp. (Segerkegel)	SK	>36	36	>36	36	34	17
Referenztemp.	°C	>1830	1800	>1830	1780	1760	1500

Table 2: Refractoriness of selected special sands

Measurements: Beginning of sintering VDG and Seger Cone, Foundry Institute of TU Bergakademie Freiberg; Heating microscope (HM), Amberger Kaolinwerke, Hirschau

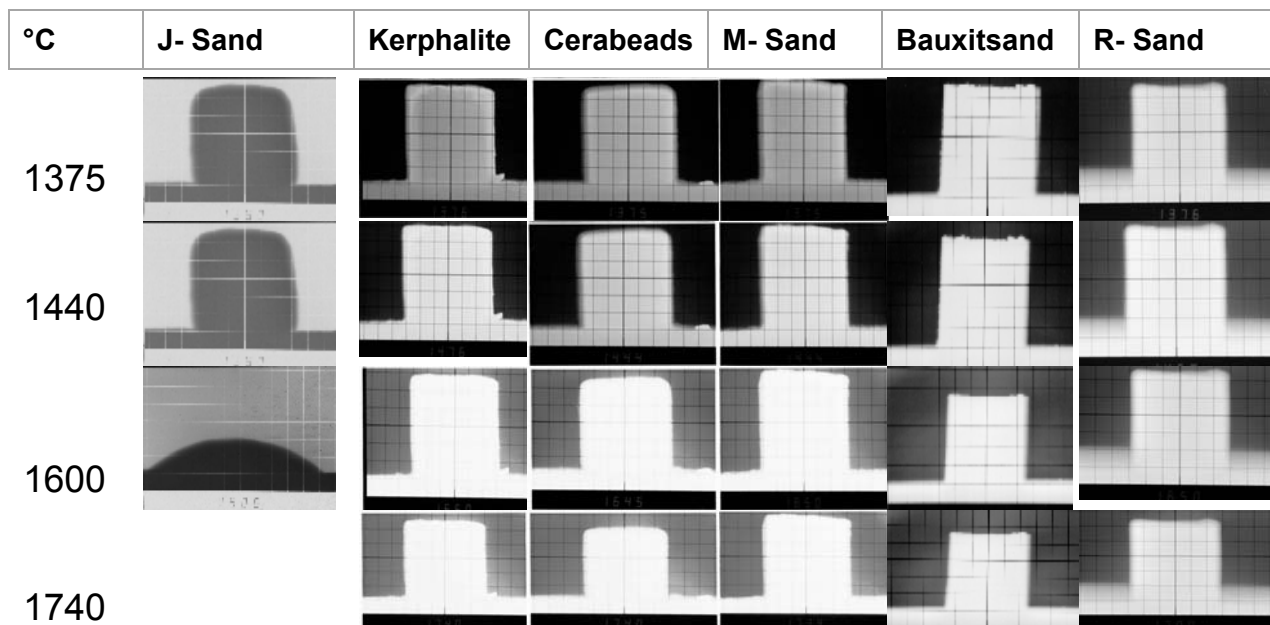


Figure 4: Sintering behaviour of special sands as observed with a heating microscope

Reasons for using special sands

Due to their improved physicochemical properties, as described above, special sands are preferred over silica sands for coremaking and mouldmaking. In consideration of the casting characteristics to be achieved, the most useful properties of a special sand can be utilised in the process:

- Prevention of sand expansion defects, especially finning/veining;
- Elimination of gas-forming additives;
- Prevention of reactions between metal and moulding sand;
- Prevention of metal penetration;
- Reduction of core weight;
- Improved flowability of the moulding sand;
- Influence on the formation of microstructure;
- Pouring of thin-walled castings.

HA Special Sands

The following base materials are offered to the foundry industry under the name of HA Special Sands:

Aluminium silicates	Type of material
J-Sand	Natural mineral mix
Kerphalite KF	Natural mineral, processed
Cerabeads	Sintered ceramic material
Chamotte	Sintered ceramic material
M-Sand	Oxide ceramics
Bauxite sand	Oxide ceramics
Heavy mineral	
R-Sand	Natural mineral, processed
Technical ceramics	
SiC	Non-oxide ceramics

Characterization of special sands

J- Sand

Mineralogical composition	48.5% feldspar + 47.5% quartz
Specific weight	2.66 g/cm ³
Bulk weight	1.47 g/cm ³
Refractoriness	SK 17 = 1500°C
Lin. exp. coeff. α 20–600 °C	12.5 - 13.7
Thermal conductivity 100–1000 °C	0.3 – 0.6 W/mK (panel test)
Fractions AGS	0.17; 0.20 ; 0.23 ; 0.28 ; 0.33
Fractions GFN	90 ; 70 ; 65 ; 55 ; 50
Grain shape	Subangular
Core production	Cold Box; shell moulding sand Carbophen; Resan;

Kerphalite KF

Mineralogical composition	Andalusite
Specific weight	3.13 g/cm ³
Bulk weight	1.55 g/cm ³
Refractoriness	SK >36 = >1830°C
Lin. exp. coeff. α 20- 600°C	6.5
Thermal conductivity 100 – 1000°C	0.26 – 0.55 W/mK (pipe test)
Fractions AGS	0.17 ; 0.23 ; 0.28
Fractions GFN	90 ; 60 ; 55
Grain shape	Angular
Core production	With all binding agents

Naigai Cerabeads™

Mineralogical composition	Mullite (sintered mullite)
Specific weight	2.86 g/cm ³
Bulk weight	1.56 g/cm ³
Refractoriness	SK 36 = 1800°C
Lin. exp. coeff. α 20- 600°C	4.0
Thermal conductivity 100 – 1000°C	0.24 – 0.50 W/mK (Plattenverf.)
Fractions AGS	0.11 ; 0.23 ; 0.38
Fractions GFN	110 ; 65 ; 42
Grain shape	Rounded
Core production	Shell moulding sand ; Cold Box ; Pentex ; Carbophen; Resan

M- Sand

Mineralogical composition	Mullite (sintered mullite)
Specific weight	3.11 g/cm ³
Bulk weight	1.58 g/cm ³
Refractoriness	SK >36 = >1830°C
Lin. exp. coeff. α 20 - 600°C	4.5
Thermal conductivity 100 – 1000°C	0.26 – 0.55 W/mK (pipe test)
Fractions AGS	0.23
Fractions GFN	60
Grain shape	Angular
Core production	Cold Box ; Pentex ; Carbophen; Resan

Bauxitsand

Mineralogical composition	δ^* -Al ₂ O ₃
Specific weight	3.31 g/cm ³
Bulk weight	2.0 g/cm ³
Refractoriness	SK 36 = 1780°C
Lin. exp. coeff. α 20- 600°C	7.2
Thermal conductivity 100 – 1000°C	0.35 – 0.50 W/mK (panel test)
Magnetic properties	Yes
Fractions AGS	0.23
Fractions GFN	65
Grain shape	Rounded
Core production	With all binders with reduced percentages

R- Sand

Mineralogical composition	Rutile
Specific weight	4.23 g/cm ³
Bulk weight	2.42 g/cm ³
Refractoriness	SK 34 = 1760°C
Lin. exp. coeff. α 20- 600°C	8.4
Thermal conductivity 100 – 1000°C	0.32 – 0.56 W/mK (pipe test)
Fractions AGS	0.18
Fractions GFN	75
Grain shape	Rounded
Core production	Cold Box ; shell moulding sand ; Pentex ; Carbophen ; Resan;

Chamotte

Mineralogical composition	Mullite. Cristobalite. Glassy phase.
Specific weight	2.67 g/cm ³
Bulk weight	1.20 g/cm ³
Refractoriness	SK 35 = 1780°C
Lin. exp. coeff. α 20- 600°C	4.8
Thermal conductivity 100 – 1000°C	0.25 – 0.50 W/mK (pipe test)
Fractions AGS	0.31
Fractions GFN	47
Grain shape	Angular
Core production	Pentex ; Carbophen ; Resan; Shell moulding sand

SiC

Mineralogical composition	Silicon carbide
Specific weight	2.67 g/cm ³
Bulk weight	1.60 g/cm ³
Refractoriness	>36 = >1830°C
Lin. exp. coeff. α 20- 600°C	4.7
Thermal conductivity 300 – 1000°C	0.3 – 0.70 W/mK (panel test)
Fractions AGS	0.18; 0.30
Fractions GFN	72; 50
Grain shape	Angular
Core production	With all binding agents

Special sands and binding agents

Special sands have a different characteristic genesis, reflected in the grain size and surface condition. Measurement of the water-absorbing capacity of a base material allows conclusions to be drawn as to the surface condition of the grain and, consequently, on the binding agent required to achieve a certain standard bending strength.

Table 3 shows the percentages of the water-absorbing capacity of special sands.

Special sands with a water-absorbing capacity above that of quartz sand H 32 have a higher binder demand when low-viscosity (cold resin) binders are used. Apart from its water-absorbing capacity, which is a criterion for an existing surface porosity, the binding capacity of a sand is strongly influenced by the physical condition of the grain surface and the pH.

Table 3: Water-absorbing capacity of moulding materials
 Measurements: Foundry Institute of TU Bergakademie Freiberg

Special sand	Water-absorbing capacity [%]
Chromite sand	0.15
Zircone sand	0.18
SiC	0.19
M-Sand	0.25
Bauxite sand	0.27
J-Sand	0.45
R-Sand	0.62
Quartz sand H 32	0.77
Kerphalite KF	0.84
Cerabeads 650	1.11
Chamotte sand	1.46

Apart from its water-absorbing capacity, which is a criterion for the existing binder absorption, the binding capacity of a moulding sand is strongly influenced by the physical condition of the grain surface and the pH.

Due to the special surface texture of bauxite sand (Figure 5a), the binders develop a high bonding efficiency which reduces the amount of binder required. Table 4 displays the standard bending strengths of bauxite sand determined for both the Cold Box and Cold Resin process.

Storage time of mixture				immediate			1 hour		
Gasharz	GT	Aktivator	GT	sofort	1h	24 h	sofort	1 h	24 h
7241	1,0	6324	1,0						
	0,7		0,7	380	790	850	380	780	820
	0,47		0,47		365	420	n.b.	365	400
Kaltharz		Aktivator							
U 404	1,0	100 T3	0,5		260	510			

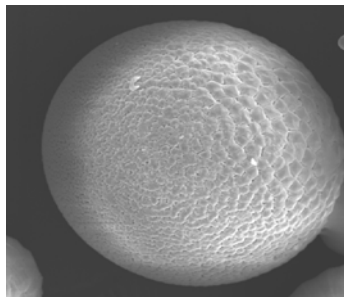
Table 4: Standard bending strengths in N/cm² of bauxite sand - PUR Cold-Box und Kaltharz

Table 5 shows the suitability of special sands for binding agents typically used in the foundry, with the cheapest special sand placed first in the list.

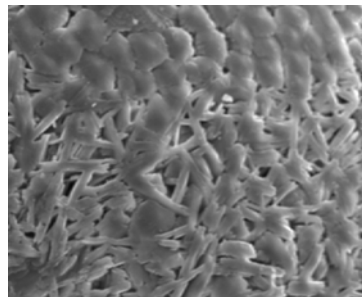
Shell sand	Cold-Box	Cold resin	Warm-Box	Bentonit
Cerabeads	J- Sand	Bauxitsand	Cerabeads	Bauxitsand
Kerphalite KF	Bauxitsand	Kerphalite KF	Kerphalite KF	Kerphalite KF
J- Sand	Kerphalite KF		Bauxitsand	
Bauxitsand	M- Sand		M- Sand	
R- Sand	Cerabeads		J- Sand	
Schamotte	R- Sand			
SiC	SiC	SiC	SiC	

Table 5: Suitability of special sands as moulding sands

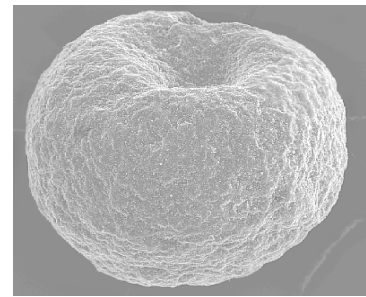
Figures 5a – 5h show the **grain surfaces of special sands**. Bauxite sand, for instance, has a particular surface texture (Figure 5a) that enables the binders to achieve high bonding power, thereby reducing the amount of binder required. Naigai Cerabeads (Figure 5b) sand also has a textured grain surface, but with a certain degree of surface porosity. M-Sand, Kerphalite KF, and J-Sand (Figures 5c – e) grains, however, have relatively smooth surfaces. The grain surface of R-Sand (Figure 5f) is textured again, whereas the grain surface of Chamotte is porous (Figure 5g). SiC shows a smooth surface of sand grains (Figure 5h).



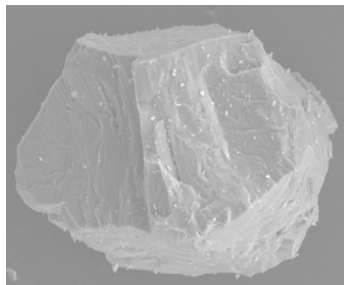
5a: Bauxite sand



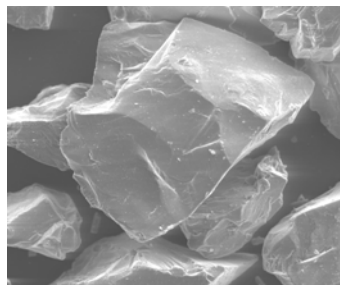
5a: Surface of bauxite sand



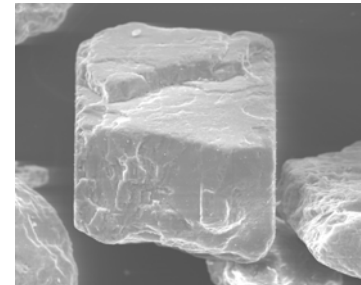
5b: Cerabeads



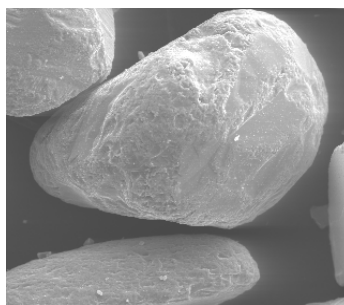
5c: M- Sand



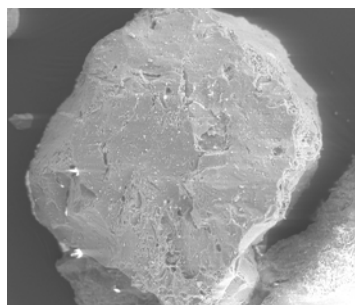
5d: Kerphalite KF



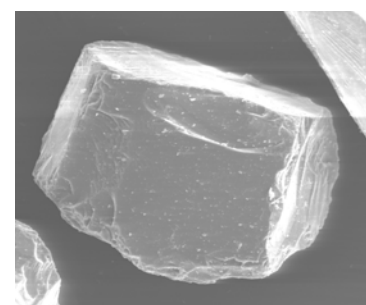
5e: J - Sand



5f: R- Sand



5g: Chamotte



5h: SiC (cubic)

The **grain shape of special sands** is shown in Figures 6a – h as an assembly of grains. Naigai Cerabeads (Figure 6c) and bauxite sand (Figure 6e) have well-rounded grains with high sphericity, whereas the subangular R-Sand grains (Figure 6f) are of medium sphericity. Kerphalite KF and M-Sand (Figures 6b and 6d), Chamotte and SiC (Figures 6g and 6h) have angular/very angular grains.



Figure 6a: J- Sand



Figure 6b: Kerphalite KF



Figure 6c: Cerabeads

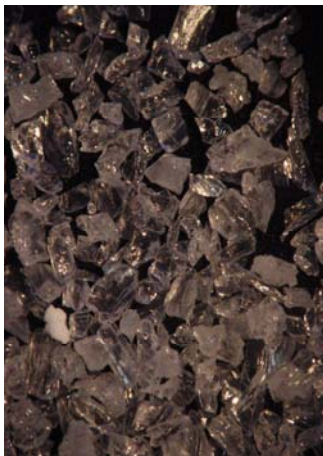


Figure 6d: M-Sand



Figure 6e: Bauxit sand



Figure 6f: R-Sand



Figure 6g: Chamotte

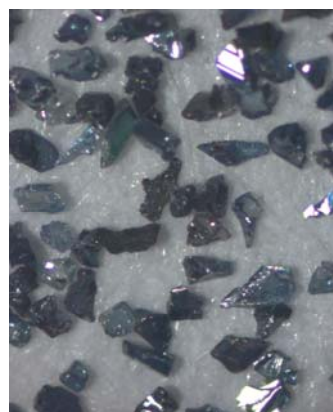


Figure 6h: SiC

Special sand and type of casting

Certain specifications, such as the refractory properties and the casting defects that should be avoided, are crucial to the decision which special sand should be used for a particular type of casting.

- **Steel castings:** Due to the high pouring temperature, all the above-mentioned special sands, except J-Sand, are suitable to produce steel castings. The special sands with a high refractoriness particularly stand out for their reduced tendency to show sand/metal reactions, which prevents metal penetration in highly temperature affected castings.
- **Grey cast iron:** Finning/veining occurring frequently in automotive castings must be eliminated. To this end, J-Sand is a low-cost alternative to Cold Box mixtures with gas forming additives. For hydraulic castings, shell sand formulas with Cerabeads (KeraCron®) and Kerphalite KF have stood the test.
- **Non-ferrous castings:** Special sands can be used to influence the formation of microstructure of non-ferrous castings (bauxite sand, SiC).
- **Heavy-metal castings:** With special sands, heavy-metal castings can be manufactured free from finning/veining and metal penetration (M-Sand).
- **Thin-walled castings:** for thin-walled castings, special sands with low thermal conductivity (Cerabeads, Chamotte, J-Sand) can be used together with high insulation mould coatings.

Table 6 displays the applicability of special sands for the different types of castings, with the most favourable sand for each type of casting placed first in the list.

Steel castings	Grey cast iron	Non-ferrous metal	Heavy metal
Cerabeads	J- Sand	J- Sand	M- Sand
M- Sand	Kerphalite KF	Kerphalite KF	Kerphalite KF
Kerphalite KF	Bauxitsand	Cerabeads	Cerabeads
Bauxitsand	Cerabeads	M- Sand	Bauxitsand
R- Sand	M- Sand	Bauxitsand	
SiC	R- Sand	R- Sand	
	Schamotte	SiC	
	SiC		

Table 6: Applicability of special sands for the different types of castings

Conclusions

In the continuing process of globalisation, the German foundry industry is considered a high-tech location, supported by the supply industry providing high-tech materials.

The above-described special sands constitute such materials, whose specific characteristics assure that today's complex casting geometries can be implemented with the least refinishing effort.

The availability of these sands especially tailored to meet the demands of coremaking and mouldmaking can also be guaranteed.

Acknowledgement

The authors would like to thank Prof. Dr.-Ing. habil. W. Tilch and Dipl. Chem. M. Martin of the Foundry Institute of Bergakademie Freiberg for their support of this work.

References

- [1] VDG-Taschenbuch 11. Formgrundstoffe, Giesserei-Verlag GmbH
- [2] G. Engels, H. Wübbenhorst: 5000 Jahre Gießen von Metallen, Giesserei-Verlag
- [3] Anonymous: Hommes et Fonderie, Octobre 1996, p. 37
- [4] M. Matsubara: Giesserei 84 (1997), p. 33/35
- [5] U. Recknagel, W. Tilch: Giesserei-Praxis, issues 8 & 9/2000, p. 337/344 & 378/384
- [6] Special Sands, a corporate publication of Hüttenes-Albertus Chemische Werke GmbH
- [7] O. W. Flörke: Fortschr. Mineral. Stuttgart, Juni 1997 Modifikationen des SiO₂
- [8] W. Tilch et al.: Giesserei 93, 08/2006, p. 12/24

Dipl.-Min. Ulrich Recknagel and Dipl.-Ing. Martin Dahlmann, Hüttenes- Albertus Chemische Werke GmbH (03/2008)

Any product information or other information published in this text is given to the best of our knowledge. However, no representation is made or warranty given, either expressly or tacitly, for the completeness or correctness of the information. Should you require any advice or instructions concerning our products or services, please contact us directly.

© 2008 Hüttenes-Albertus. All rights reserved.