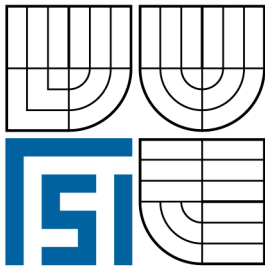


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

STUDIUM POJIVOVÝCH SYSTÉMŮ PRO TECHNOLOGII WARM BOX

TITLE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ROMANA LENGHARDOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. KAREL RUSÍN, DrSc.

BRNO 2008

NETISKNOUT!
Titulní list

NETISKNOUT!
Zadání

NETISKNOUT!

Licenční smlouva - oboustranně

ABSTRAKT

Projekt vypracovaný v rámci inženýrského studia oboru M2332-00 předkládá studii pojivových systémů pro technologii Warm box. Na základě literární studie problematiky technologie Warm box byly odzkoušeny pojivové systémy na bázi sodných silikátů, biogenních pojiv – proteinů, polysacharidů a fenolických pryskyřic. Fenolické pryskyřice a biogenní pojiva (K2 a Technická želatina) se ukázala jako nejvhodnější pro výrobu jader technologií Warm Box. Biogenní pojiva jsou navíc ekologicky nezávadná.

Klíčová slova

Warm box, biogenní pojiva, fenolické pryskyřice, pojivové systémy na bázi sodných silikátů

ABSTRACT

The project elaborated in frame of engineering studies branch M2332-00. The project is submitting the study of binder systems for technology Warm box. Pursuant to the literary pursuit a problem of the technology Warm box these binders was tested: binder systems based of the Na-silicates, biogenous binders – proteins, polysacharides and fenol resins. Fenol resins and biogenous binders (K2 and Hide glue) showed to be optimal for core making technology Warm box. Biogenous binders are ecologically unexceptionable.

Key words

Warm box, biogenous binders, fenol resins, binder system on base of the Na-silicates

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

LENGHARDOVÁ, Romana. *Název: Studium pojivových systémů pro technologii Warm box*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2007. 78 s., příloh 2. Vedoucí práce: prof. Ing. Karel Rusín, DrSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *Studium pojivových systémů pro technologii Warm box* vypracovala samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

.....
Romana Lenhardová

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto prof. Ing. Karlu Rusínovi, DrSc. a paní Aleně Málkové za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

OBSAH

Abstrakt.....	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah.....	7
1 ÚVOD.....	8
2 TEORETICKÁ ČÁST	9
2.1 Technologie Warm box	10
2.1.1 Princip vstřelování jader	10
2.1.2 Vytvrzování jader	11
2.1.3 Technologické problémy u WB	13
2.2 Technologie mikrovlnného vytvrzování	14
2.2.1 Princip mikrovlnného ohřevu	14
2.3 Složky jádrové směsi	15
2.3.1 Ostřivo	15
2.3.2 Pojivo – pryskyřice pro WB a HB	17
2.3.3 Pojivo – vodní sklo	19
2.3.4 Pojivo – proteinové biopolymery	23
2.4 Zkoušení vzorků	25
2.4.1 Příprava zkušebních vzorků	25
2.4.2 Rychlost vytvrzování směsi	26
2.4.3 Pevnost za tepla	27
2.4.4 Pevnost za studena	27
2.4.5 Tekutost směsí	28
2.4.6 Životnost směsí	28
2.4.7 Otěruvzdornost jader	29
2.4.8 Navlhavost jader	29
2.4.9 Plastická deformace tvaru	29
3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	30
3.1 Zkušební tělesa	30
3.2 Použité stroje a zařízení	30
3.3 Použité pomůcky	34
3.4 Použité chemikálie a materiály	34
3.5 Charakteristika použitého ostřiva	34
3.6 Příprava formovacích směsí	38
3.6.1 Příprava ostřiva.....	38
3.6.2 Příprava pojiva	38
3.7 Praktické měření – vstřelování	39
3.7.1 Pojivo – pryskyřice (HÚTENES-ALBERTUS)	40
3.7.2 Pojivo – pryskyřice (ASHLAND-SÚDCHEMIE-ALBERTUS).....	45
3.7.3 Pojivo – vodní sklo tekuté	48
3.7.4 Pojivo – vodní sklo práškové	50
3.7.5 Pojivo – Dextrovin.....	52
3.7.6 Pojivo – K2	53

3.7.7	Pojivo – Technická želatina	60
3.7.8	Pojivo – Celulóza.....	65
3.7.9	Zhodnocení testovaných poživ	66
3.8	Praktické měření – mikrovlnný ohřev	69
3.8.1	Pojivo – Dextrovin.....	69
3.8.2	Pojivo – K2.....	69
3.8.3	Pojivo – Technická želatina.....	70
3.8.4	Pojivo – Celulóza.....	70
3.8.5	Zhodnocení testovaných poživ.....	71
4	ZÁVĚR	73
	Seznam použitých zdrojů	74
	Seznam použitých zkratk a symbolů.	76
	Seznam příloh	77

1 ÚVOD

Technologií Warm box se vyrábí jádra, která jsou vytvrzovaná teplem. Využití této technologie je především při odlévání odlitků z lehkých slitin. Nejčastěji se jako pojivo využívá pryskyřice.

Studiem pojivových systémů na bázi sodných silikátů, biogenních pojiv, polysacharidů a fenolických pryskyřic se zjišťuje nové využití těchto systémů v praxi. Je zde důležitá nejen rychlá a snadná výroba jader a jejich rozpadavost po odlití, ale i ekonomické hledisko. Dalším důležitým aspektem je v dnešní době životní prostředí a ekologie.

Technologie WB se nejčastěji používá v automobilovém průmyslu. V sériové a hromadné výrobě jader musí být jádrová směs snadno připravitelná a mít určitou dobu použitelnosti. Po vstřelení této směsi musí dojít k poměrně rychlému vytvrzení. Se "zdravostí" odlitku souvisí vývin plynů při odlévání. Jádra musí být dostatečně prodyšná, protože plyny mohou odcházet pouze známkami jader, a zároveň pevná, aby vydržela ráz tekutého kovu při lití.

Z ekonomického hlediska se bere zřetel na cenu surovin a jejich dostupnost. Dále je zde spotřeba energií při vstřelování jader a vyhřívání jaderníku. Snížením teploty vytvrzování se dosáhne značné úspory energie a tím i ceny výroby jader, která se promítá do konečných nákladů na výrobu odlitku.

Značný důraz je kladen na životní prostředí a ekologii. Zrychlování výroby vede ke zvyšování slévárenských odpadů a spotřebě nového ostřiva. Nové pojivové systémy by měly být regenerovatelné. Regenerace spočívá v očištění ostřiva od všech nežádoucích složek a získání písku původní čistoty a zrnitosti.

Cílem diplomové práce je studium různých pojivových systémů pro technologii WB, optimalizace složení těchto formovacích směsí a jejich možné využití ve slévárnách.

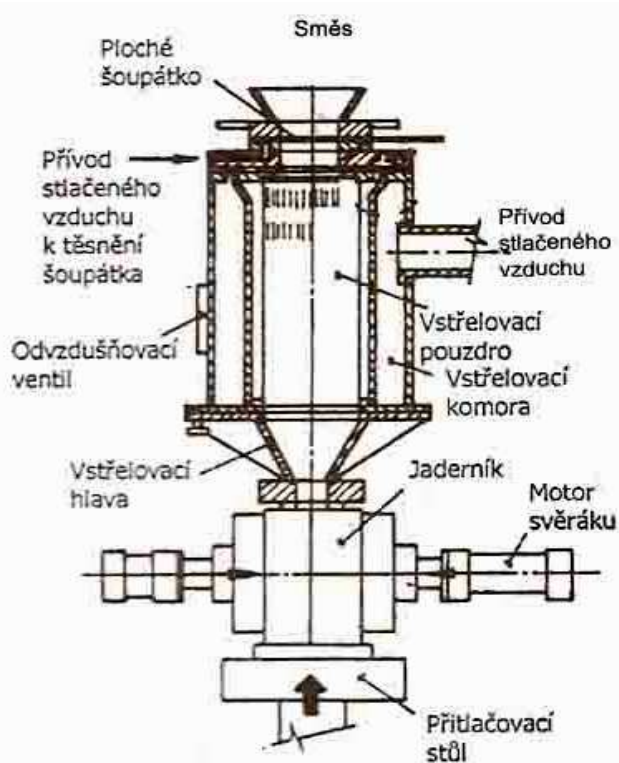
2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Technologie Warm box

Metoda Warm box (teplý jaderník) je modifikací metody Hot box (horký jaderník). HB jaderníky jsou vyhřívány na teploty 230-300°C [1]. Doba vytvrzování jader je srovnatelná pro WB i HB. Jádra z těchto směsí jsou plná. Obsah pojiva je snížen na 0,9–1,2 % (obsah tvrdidla je 20–30 % na hmotnost pojiva). Technologie WB využívá pojivový systém, který je vytvrzován při teplotách 180-240°C. Biogenní pojiva je možno vytvrzovat při teplotách 100-150°C.

2.1.1 Princip vstřelování jader

Charakteristickým rysem vstřelování je rychlé naplnění jaderníku jádrovou směsí expanzí stlačeného vzduchu, který tlačí jádrovou směs před sebou směrem do jaderníku. Dochází k minimálnímu promíchání vzduchu a směsí. Schéma vstřelovacího stroje je uvedeno na **obr. 2.1**.



Obr. 2.1 Vstřelovací stroj s vstřelovacím ventilem [2]

Vstřelovací komora se doplňuje směsí ze zásobníku. Vzduchotěsně se uzavře šoupátkem. Vstřelovací komoru uzavírá vyměnitelná vstřelovací hlava s jedním nebo více vstřelovacími otvory, podle provedení jaderníku. Uvnitř komory je vstřelovací pouzdro s podélnými štěrbinami, které umožňují přístup vzduchu. Dělený jaderník se nejprve uzavře bočními svěrácí, a potom se přitlačí stolem stroje ke vstřelovací hlavě. Při vstřelení se otevře vstřelovací ventil a stlačený vzduch proudí z tlakového zásobníku do vstřelovací komory. Nízký vstřelovací tlak snižuje opotřebení jaderníku. [2]

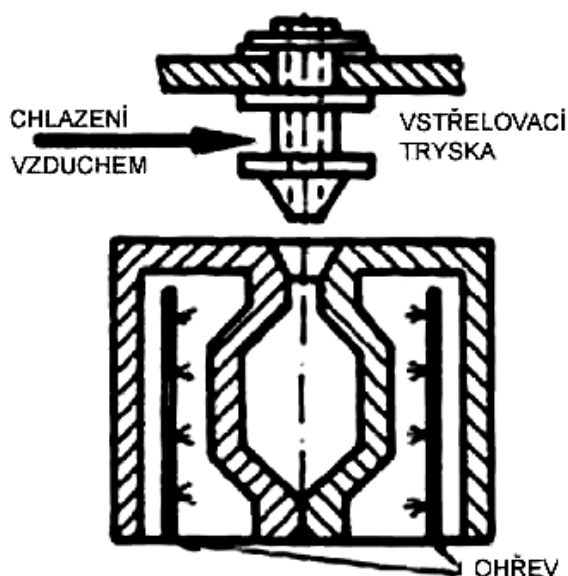
Po vstřelení jádra se ventil uzavře a vstřelovací komora se odvzdušní odvzdušňovacím ventilem.

U moderních vstřelovacích strojů se nemusí používat vstřelovací pouzdro. Expandovaný vzduch působí pouze shora na dávku směsi. Výhoda spočívá v odstranění čištění pouzdra, které bylo u starších vstřelovaček. [2]

2.1.2 Vytvrzování jader

Princip metody spočívá ve vstřelování jádrové směsi do kovového jaderníku. Ten je předehřátý na potřebnou teplotu. Jádrová směs obsahuje pojivový systém, který se vytvrzuje teplem. Teplota je v širokém rozsahu v závislosti na použitém pojivovém systému od 100-240°C.

Příprava ke vstřelování je na **obr. 2.2**. Vstřelovací hlava je chlazena vodou nebo vzduchem, aby nedošlo k předčasnému vytvrzení teplem z jaderníku. WB jádrová směs je dobře tekutá, proto musí mít vstřelovací otvory malý průměr. [2]



Obr. 2.2 Příprava ke vstřelování [3]

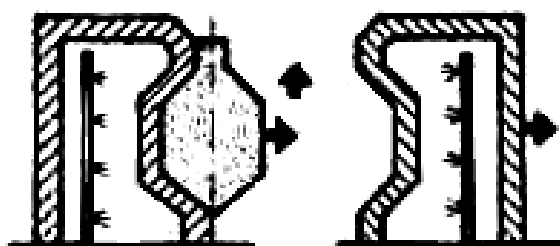
Kovové jaderníky jsou vyhřívány plynovými hořáky nebo elektrickými topnými články, které jsou v topné desce nebo přímo v tělese jaderníku. Větší jaderníky se ohřívají plynem. Směřováním hořáků se dosahuje rovnoměrného ohřevu jádra. Jejich nastavení se provádí při záběhu jaderníku. [2]

Plynovým ohřevem se rychle naběhne na provozní teplotu při výměně jaderníků. Pro menší jaderníky se používá elektrické vytápění topnými články. Ohřev není tak rovnoměrný jako u plynového ohřevu. Regulace teploty se provádí zapínáním a vypínáním topných článků. Údaje o teplotě se získávají z teplotních snímačů (termočlánků) zabudovaných v tělese jaderníku.

Po ztvrdnutí povrchové vrstvy jádra dostačující k udržení požadovaného tvaru se jádro vyjme a k dotvrzení celého průřezu jádra dojde už mimo jaderník [3]. Postup tvrdnutí jádra je znázorněn na **obr. 2.3**. Okamžik vyjmutí jádra (**obr. 2.4**) by měl souhlasit s okamžikem tzv. manipulační pevnosti jádra, kdy nehrozí nebezpečí poškození tvaru jádra.



Obr. 2.3 Postup tvrdnutí jádra [3]



Obr. 2.4 Postup při rozebírání jaderníku a vyjímání jádra [3]

Mezi základní druhy jaderníků patří svisle dělené jaderníky a vodorovně dělené jaderníky. Ve svisle děleném jaderníku zůstává jádro po vytvrzení viset v jedné polovině, ze které je následně vyraženo. U vodorovně děleného jaderníku zůstává jádro při rozebírání ve spodní polovině, odkud je posléze vytlačeno.

2.1.3 Technologické problémy u WB

Technologické problémy je možné shrnout do třech bodů, které zachycují celou problematiku:

- 1) zaplnění jaderníku směsí
- 2) intenzivní ohřev jaderníku
- 3) vyjímání jádra

ad 1) Vstřelovací stroje zaplní jaderník směsí vysokou rychlostí. Jádrová směs není příliš promísena se vzduchem. Malé množství vzduchu se odvádí odvzdušněním. Nejvýhodnější poměr obsahu jaderníku k vstřelovací komoře je přibližně 1:2. Při větším obsahu komory se vyrobí z jedné náplně více jader, ale směs se více vstřelily upěchovává, a obtížně se vytlačuje vstřelovacím otvorem. Jádra jsou méně zhutněna. Při obsahu jaderníku větším než 75 % obsahu vstřelovací komory hrozí nebezpečí, že stlačený vzduch profoukne do jaderníku. Jaderník se málo zaplní směsí. **[2]**

U velkých jader, kde nestačí objem jednoho vstřelu na zaplnění jaderníku, se může volit vícenásobný vstřel. Po prvním vstřelu se odvzdušní, nasype se nová dávka směsi do komory a znovu se vstřelí do jaderníku. To je možné pouze u méně komplikovaných jader za podmínek velké uzavírací síly svěráků. **[2]**

ad 2) Jaderník musí být ohříván na potřebnou teplotu před vstřelením i během plnění jaderníku jádrovou směsí. Zdroj tepla může být plyn, elektrická energie aj. **[2]**. Jaderník musí být ohříván rovnoměrně, proto je nutné, aby měl stejnou tloušťku. K zabránění ohřevu a tím i předčasnému tvrdnutí směsi ve vstřelovací hlavě se musí použít speciální vstřelovací trysky, které jsou chlazeny vzduchem nebo vodou.

ad 3) K vyjímání jádra je nutné užít vyhazovacích kolíků ventilového tvaru s dostatečnou styčnou plochou - nebezpečí deformace jádra, které má v okamžiku vyjímání jen manipulační pevnost, která podstatně nižší než konečná pevnost jádra. Optimální doba vyjmutí jádra souvisí pro daný typ užitého pojivového systému s teplotou vytvrzování a tyto parametry bývají určovány experimentálně. **[3]**

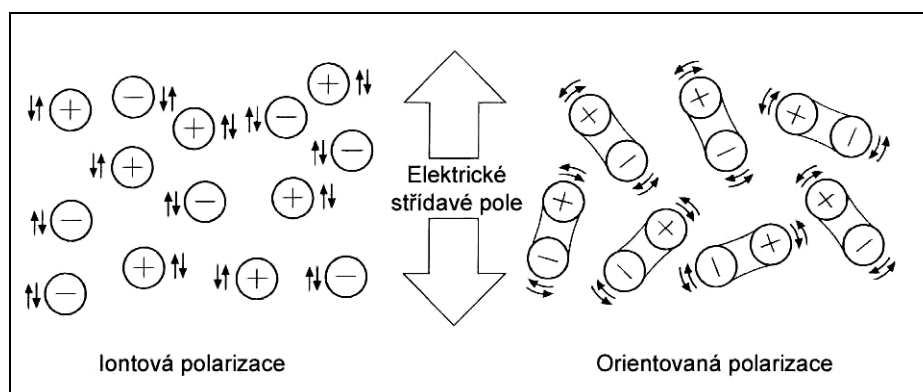
Někdy jádrová směs ulpí na povrchu jaderníku. Proto je možné použít ochranné nástřiky a nátěry jaderníku, aby se zamezilo přichytávání jádrové směsi.

2.2 Technologie mikrovlnného vytvrzování

Mikrovlnná technologie patří ke zcela novým možnostem vytvrzování jader. Mikrovlnná zařízení jsou dnes velmi výkonná. Velké úspěchy má hlavně v sériové výrobě forem a jader.

2.2.1 Princip mikrovlnného ohřevu

Mikrovlnný ohřev patří k oblasti dielektrického ohřevu. Předpoklad pro ohřev v elektrickém střídavém poli je nesymetrická molekulová struktura, jako má např. molekula vody. Molekuly této látky tvoří elektrický dipól, který se natáčí ve směru pole (**obr. 2.5**). [4]



Obr. 2.5 Molekulová oscilace v polarizovaných látkách pod vlivem elektrického střídavého pole [4]

Molekulový dipól ve vysokofrekvenčním poli rotačně osciluje, tím absorbuje mezimolekulární třecí energii, kterou přeměňuje na teplo.

Látky se symetrickou molekulovou strukturou se nemohou zahřívát ve vysokofrekvenčním střídavém poli. Mikrovlny příliš zahřejí povrch materiálu a ten pak elektromagnetické vlny odráží. Stupeň odrazu závisí na úhlu dopadu, polarizaci, elektrických vlastnostech látky a ztrátovém úhlu.

U homogenních látek je záření absorbováno a přeměněno na teplo. Každá látka má jinou míru absorpce. Tato schopnost se označuje elektromagnetickými vlnami s frekvencemi mezi 10^8 a 10^{12} Hz (je to vlnová délka mezi 300 cm a 0,03 cm). V průmyslové aplikaci se dnes používá ve většině případů frekvence 2450 MHz. [4]

2.3 Složky jádrové směsi

Mezi složky jádrové směsi patří ostřivo, pojivo a voda. Jádrové směsi zpevněné různými druhy pojiv dávají jiné vlastnosti. Mezi ně patří pevnost směsí, prodyšnost, životnost aj. Důležité je i potřebné množství pojiva, které je zapotřebí k dosažení optimálních pevnostních hodnot. Toto množství se projeví ve výsledné ceně zhotovených jader.

2.3.1 Ostřivo

Ostřivo je úspěšně užíváno v procesech při odlévání kovů, protože má schopnost pohlcovat a propouštět teplo, tak i odvádí plyny vyvinuté během rozkladu pojiva mezi zrnny. Ve slévárenském průmyslu se používá hodně typů ostřiva, ale kvůli široké dostupnosti a relativně nízké ceně se nejvíce využívá křemenné ostřivo. [1]

Hlavní objemové zastoupení ve směsi má ostřivo, zrnitý žáruvzdorný materiál s velikostí částic nad 0,02 mm. Tvoří materiálový skelet forem a jader, a proto vedle aktivity povrchu zrn patří k jeho nejdůležitějším vlastnostem hranatost a granulometrie částic. Obě charakteristiky rozhodují o objemové hmotnosti, pórovitosti a tedy i prodyšnosti a propustnosti směsi, tepelné dilataci a vzniku napětí z brzděné dilatace, tepelné vodivosti směsi a do značné míry ovlivňují pevnost forem a jader. [5]

Za kritickou velikost částic ostřiva považujeme 0,02 mm. Menší částice řadíme do vyplavitelných podílů – jíly, křemenný prach, neplastické částice, živce, jiné materiály – zemité pojivo (stanoví se plavící zkouškou). [6]

Podle chemické povahy dělíme ostřiva:

- kyselá (křemenné písky),
- neutrální (šamot, olivín, korund),
- zásaditá (magnezit).

Podle původu vzniku dělíme ostřiva:

- přirozená (křemenné písky, olivín, disténsillimanit, zirkon, dunit),
- umělá (šamotová drť, chrommagnezit, korund atd.). [6]

Volba ostřiva

Při přípravě směsi se vychází z následujících kritérií:

- chemická povaha odlévané slitiny (druh legovaného materiálu),
- druh odlévané slitiny (ocel – litina), lící teplota, přípustný obsah živců v písku,
- tvarová složitost a tloušťka stěn odlitku (náchylnost ke vzniku vad odlitků – zapečeniny, zálupy),
- druh pojivové soustavy (výronky),
- ekonomická dostupnost a cena směsi i s ohledem na získání maximální pevnosti s minimálním obsahem pojiva. [6]

Z těchto důvodů patří křemenná ostřiva k nejpoužívanějším. Křemen je nejrozšířenější minerál, vyskytující se v přírodě v přiměřeném zrnitém stavu a jeho vlastnosti, i za vysokých teplot, vyhovují běžným potřebám. S ohledem na vyšší reaktivnost křemenných ostřiv s FeO, MnO a dalšími oxidy za vysokých teplot je nahrazován při výrobě náročných masivních odlitků ostřivy s vyšším bodem tavení (šamot, lupek, chrommagnezit, korund, zirkon, chromit). [6]

Křemenná ostřiva patří k neekonomičtějšimu a tedy i nejrozšířenějšimu ostřivu pro přípravu syntetických směsí, ale jsou obsaženy v přirozených píscích. Hlavním minerálem je křemen (SiO_2), který krystalizuje v soustavě trigonálně trapezoedrické (β -křemen). Tvrdost má 7, měrná hmotnost se pohybuje v mezích 2 620–2 660 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Čistota křemenného písku je velmi důležitá, podíl vyplavitelných podílů nad 1 % vede k větší spotřebě pojiva a vody. [6]

Kulaté písky jsou vhodné pro organická pojiva. Mají malý povrch a tím minimální spotřebu pojiva. Mají však menší tepelnou odolnost a jsou náchylnější k vadám z tepelného pnutí. [6]

Podle Jelínka ([6], str. 6) ukazují výsledky, že lze odstraněním vyplavitelných podílů (pod 0,02 mm) a dále i jemných částic ostřiva, včetně 0,1 mm podstatně zvýšit pevnost směsí s organickým pojivem, bez ohledu na typ křemenného písku. Rovněž vliv hrubozrnných podílů nad 0,4–0,5 mm působí nepříznivě na výslednou pevnost. Jemné podíly mají vysoký povrch a zvyšují spotřebu pojiv, tudíž snižují tloušťku zrnové obálky pojiva i pevnost směsí. Podíly nejjemnější pak v obálce pojiva působí jako vnitřní vruby.

Nejčastěji používané písky v českých slévárnách jsou: Provodín, Šajdíkovce Humence, Dolní Lhota, Szczakowa, Haltern, aj.

Nevýhody křemenných písků

K hlavním nevýhodám křemenných písků patří:

- zvýšená reaktivnost za vysokých teplot s oxidy Fe a jiných kovů (legur ocelí),
- neplynulá (diskontinuální) tepelná dilatace související s malou rozměrovou přesností odlévaných odlitek a vznikem řady slévárenských vad z tepelného napětí (výronky, zálupy, atd.),
- cristobalická expanze za přítomnosti mineralizátorů a vysokých teplot (nad 900°C)
- silikóza – nemoc z křemenného prachu. [6]

2.3.2 Pojivo – pryskyřice pro WB a HB

Vytvrzení pryskyřice probíhá v horkém tvarovém nástroji při teplotách od 180-300°C během 14–45 sec. Tyto postupy se používají ve slévárnách už od 40. let. Využití této metody je převážně pro sériovou výrobu drobných a středně velkých jader a závisí na požadavku na kvalitu a počtu kusů jedné licí série. Výroba většího jádra je možná, vyžaduje však určitý soubor opatření, jako prodloužení vytvrzovací doby, dutou výrobu jader atd.

Výběr použité pryskyřice závisí do značné míry na litém materiálu a musí mít především teplotní stabilitu a dobrou rozpadavost:

- pro LLG a LKG se používá fenolická nebo fenolmočovinová pryskyřice, která má velmi krátké vytvrzovací doby a menší vývin plynů,
- pro ocelové odlitky se hodí fenol formaldehydové pryskyřice chudé na dusík (jeho obsah je pod 3 % [8]) a fenolové pryskyřice obsahující furylalkohol, mají velmi dobrou pevnost za horka, menší vývin plynů a malou citlivost na vlhkost,
- u lehkých neželezných kovů se používá furanmočovinová pryskyřice (s 20-45 % furylalkoholu). Se vzrůstajícím obsahem furylalkoholu se zvyšuje tepelná odolnost a necitlivost proti přetvrzení, klesá vývin plynů,
- u těžkých neželezných kovů se používá močovinfuranové pryskyřice. [7]

Chemie teplem vytvrditelných systémů

U teplem vytvrditelných systémů se jedná o směšování bezdusíkatých fenolformaldehydové pryskyřice resp. směsi těchto pryskyřic s furylalkoholem a jiných aditiv, jako urychlovače, modifikátory, dělicích prostředků atd. Vliv aditiv na pryskyřice se projeví ve zpracovatelnosti, v tečení směsi, náchylnosti k lepení, navlhavosti jádra během uskladnění, v rozpadu jádra, zápachu,

vývinu plynů. Vytvrzení těchto systémů se provádí teplem za přítomnosti latentních kyselých tvrdících systémů. [7]

Pryskyřice mohou být obměňovány rozmanitou "modifikací". Rozhodující vliv má na vlastnosti pryskyřice doba reakce a pH soustavy. V procesu polykondenzace probíhá celý proces ve 3 stádiích A, B, C. K prvnímu stadiu (A) patří hydrofilní pryskyřičné produkty, které okamžitě po samovolném odchodu vody a částečně pod vlivem H^+ -iontů kyselin přecházejí do stadia (B). V tomto stavu pryskyřice želatinuje, špatně se rozpouští ve vodě a má vysokou viskozitu. Při tepelném zpracování a pod vlivem kyselých látek vzniká třetí stadium (C) reakce. Získávají se tvrdé nerozpustné a netavitelné sloučeniny. [6]

Použití modifikovaných močovinoformaldehydových pryskyřic má své omezení:

- vytvrzování pryskyřice probíhá za tepla a zvláště pak po odlití (termodestrukce) se uvolňuje nepříjemný, dráždivý zápach a tím se znepráhňuje pracovní prostředí,
- termodestrukce nastává při velmi nízkých teplotách, uvolňující se dusík může způsobit vznik dusíkových bodlin (ocel, LKG). [6]

K přednostem poživ naopak patří dobrá rozpadavost za nízkých teplot, proto jsou ve většině případů aplikovány u odlitků z neželezných kovů [3], dále jsou velmi dobře regenerovatelné (tepelně i mechanicky) [8].

Vliv použitých tvrdidel

Chemické složení použitých tvrdidel má vliv na dobu zpracování jádrové směsi, na rychlost tvrdící reakce (dotvrzení) a v neposlední řadě vytvoření pevného jádra. Nejčastěji použitá tvrdidla jsou vodní roztoky resp. směsi latentních kyselých tvrdících systémů. Latentní kyselá složka je sůl silné kyseliny a slabá zásada, která při vyšších teplotách díky tepelné disociaci uvolňuje kyseliny.

Moderní tvrdící systémy jsou však směsi s "multifunkcemi". Takové systémy zaručují nejen tvrzení pryskyřice díky uvolnění kyseliny, ale i jiné vlastnosti, jako rychlé iniciování tvrdící reakce a smáčivosti pryskyřice za relativně nízké teploty asi 150°C. Jediná nevýhoda těchto tvrdidel je vyšší cena. [7]

Výhody a nevýhody použití pryskyřic

Podstatné výhody lze shrnout následovně:

- možnost hospodárné výroby velkého počtu kusů,
- vysoká kvalita hotových jader např.:
 - vysoká rozměrová přesnost,
 - dobrý rozpad jádra,
 - dlouhá skladovatelnost,
 - malý sklon k pískovému rozpínání.

Nevýhody :

- postupy jsou energeticky náročné,
- možnost flexibilní výroby jader dotýkající se velikosti dávky, objemu jádra, tvaru jádra, je omezený na základě ekonomických a technologických podmínek,
- výroba jader s rozdílnou tloušťkou stěny je problematická,
- vysoké náklady na nástroje,
- při vytvrzování a odlévání vznikají emisní plyny. [7]

Požadavky trhu

Nové pryskyřice musí odpovídat nárokům slévárenského průmyslu:

- redukce emisí a zápachu,
- vysoká pevnost vytvořených jader (za tepla a za studena),
- dlouhá skladovatelnost a malá citlivost na navlhávání jader,
- dobrý rozpad u hliníkových odlitků,
- vysoká tepelná stabilita u litinových a ocelových odlitků,
- redukce vývinu plynů při odlévání,
- vysoká elasticita a pružnost jádra. [7]

2.3.3 Pojivo – vodní sklo

Přírodní křemičité minerály tvoří podstatnou část zemské kůry. Z tohoto důvodu se jeví syntetické křemičité materiály vhodnou náhradou za ekologicky závadné materiály. Jejich použití je velmi široké. Základní surovinou pro produkty na bázi syntetických silikátů a oxidu křemičitého je křemenný písek, který je základním zdrojem křemíku. [9]

Vodní skla se v řadě případů využívají jako pojiva různých systémů (stavebnictví, slévárenství, nátěrové hmoty). K nejrozšířenějším patří využití sodných vodních skel ve slévárenských směsích pro výrobu forem a jader. [9]

Při odlévání do forem s jádry ze směsí s organickými pojivy vznikají emise, které kvůli ochraně životního prostředí a zdraví vyžadují dosti nákladná zařízení na odlučování a filtraci. Vodní sklo je anorganické pojivo, které taková opatření nevyžaduje. Má srovnatelnou výkonnost, produktivitu a hospodárnost jako organická pojiva při stejných nebo nižších nákladech. [10]

Výroba vodního skla jako taveniny se dnes provádí v podstatě stejným způsobem, jak jej ob jevil v roce 1818 von Fuchs. Získaná tavenina po ochlazení poskytuje sklovitou hmotu, která je za normálních podmínek ve vodě nerozpustná. K výrobě je třeba použít zvýšené teploty a tlaku (cca 0,6 MPa), což se v průmyslové praxi provádí v rotačních autoklávech. Navážka surovin odpovídá příslušnému typu vodního skla. [9]

Alternativní technologický postup je metoda hydrotermální, která zahrnuje reakci křemičitého písku s vysoce alkalickým roztokem hydroxidu sodného (o koncentraci 30-50 hmotnostních %). Pro reakci se užívají míchané vertikální autoklávy vyrobené z oceli odolné koncentrovaným roztokům alkálií. Rozpouštění písku se provádí rovněž za tlaku vodní parou (1-2 MPa). [9]

Vodní sklo představuje poměrně složitou fyzikálněchemickou soustavu v oblasti křemičitanů, kterou lze posuzovat jako lyofilní koloidní roztok. Vlastnosti těchto roztoků, které se chovají jako roztoky polymerů, jsou určovány především velikostí a členitostí makromolekul. U vodního skla lze pozorovat dvojí charakter: chová se jednak jako roztok polymerů (regologické vlastnosti), jednak jako roztok elektrolytů (závislost hustoty, stlačitelnosti a elektrické vodivosti na koncentraci). [5]

Stálost koloidního roztoku vodního skla je zabezpečována především shodným elektrickým nábojem částic a jejich hydratací. Podmínky stálosti jsou splněny v silně zásaditém roztoku vodního skla ($\text{pH} > 11$). [5]

Vedle složení vodního skla vyjádřeného poměrem molárních hmotností $\text{SiO}_2 : \text{Na}_2\text{O}$, tj. modulem \underline{m} , a jeho koncentrace se na vlastnostech podílejí již podmínky jeho výroby. Na strukturu vodního skla mají vliv stupeň disperzity a hydratace výchozí taveniny sodných křemičitanů. Ve slévárenství se používají skla o molárních poměrech SiO_2 k Na_2O 2:1 až 3:1. S modulem se mění i hustota vodního skla, která se zjišťuje Bauméovými hustoměry.

Nejčastější skupiny vodních skel:

- hustoty 36 až 38°Bé, modul $\underline{m} = 3,0$,
- hustoty 48 až 50°Bé, modul $\underline{m} = 2,4$,
- hustoty 58 až 60°Bé, modul $\underline{m} = 2,0$. [5]

Molekulární poměr křemičitanu sodného v koloidním roztoku je důležitá vlastnost, která určuje při vytvrzování slévárenských směsí rychlost tvoření silikátové vazby. Vodní skla s vyšším modulem jsou více reaktivní. Vodní skla o různém modulem vytvářejí při vysychání rozdílně pevnou strukturu. Vodní sklo s modulem $\underline{m} = 1$ po vysušení dává tvrdou krystalickou hmotu, vytvořenou z metasilikátu. Vodní sklo s $\underline{m} = 2$ produkuje sklovitou tuhou hmotu, která je částečně pružná, vyšší moduly, např. $\underline{m} = 3,3$, dávají drobnou hmotu při vysušení v atmosféře. Vedle těchto typů tuhého skupenství lze neutralizací vyrobit z vodního skla tzv. hydrogelový typ tuhého skupenství, které má velmi odlišné charakteristiky. [5]

Podle procesu vytvrzování pojiva můžeme směsi rozdělit na ovládané ztužované (vytvrzované z vnějšku) a směsi samotvrdnoucí [11]. Ovládané ztužování na rozdíl od CO_2 -procesu (probíhá nevratná chemická reakce) znamená pouze dehydrataci křemičitanu sodného, kdy je proces vratný (sklon k hydrataci forem a jader).

K vytvrzení vodního skla dochází v teplých jadernících při teplotě cca 160-200°C. Po vytvrzování se často používá k dokonalému vysušení mikrovlnný ohřev s nízkým příkonem. [12]

U vodních skel určených jako pojiva formovacích směsí se určují tři důležité charakteristiky: hustota, modul a koagulační práh.

Hustota

Hustota ρ je definována jako poměr hmotnosti m k objemu V , tj. hmotnost jednotky objemu [5]:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}). \quad (2.1)$$

Hustota kapalin závisí nejen na teplotě, ale z části také na tlaku. S teplotou hustota klesá.

Ke stanovení hustoty se v praxi používá Bauméových hustoměrů. Hustota se stanoví obvykle při 20°C. U zvlášť viskózních vodních skel měříme při 60 až 70°C, přičemž hustota je při 70°C o 2°Bé nižší než při 20°C. [5]

Modul vodního skla

K nejčastěji používaným vodním sklům patří sodná skla:

- "řidká" → hustoty 36-38°Bé, $\underline{m} = 3,0-3,2$,
- "hustá" → hustoty 48-50°Bé, $\underline{m} = 2,2-2,6$,
- "směsná" → hustoty 40-44°Bé, $\underline{m} = 2,6-2,8$ [11].

Vodní sklo je nejčastěji charakterizováno modulem [11]:

$$\underline{m} = \frac{\%SiO_2}{\%Na_2O} \cdot 1,03. \quad (2.2)$$

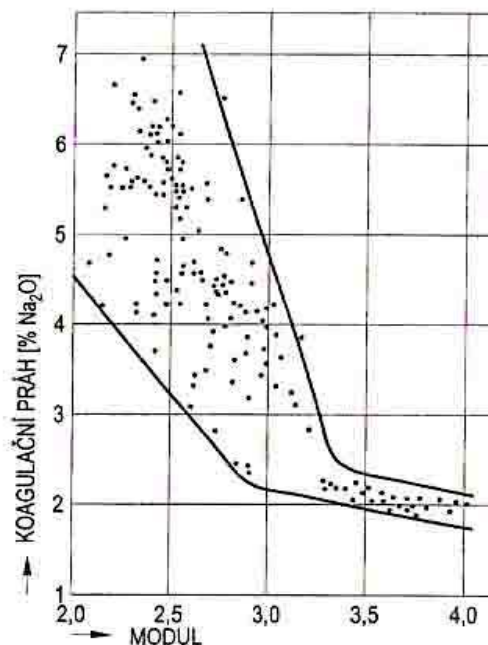
Vodní skla s vyšším modulem jsou reaktivnější, např. s CO₂. Koloidní roztok je termodynamicky labilnější [11].

Koagulační práh

Vodní skla stejného chemického složení, a tedy i modulu, mohou mít rozdílný koagulační práh (**obr. 2.6**). Roztok vodního skla je stabilizován sodnými ionty. Jde o tři druhy sodných iontů [11]:

- volné v intermicelárním roztoku (pouze u $\underline{m} < 2,0$),
- volně vázané,
- pevně vázané.

Přidáním kyseliny se zruší stabilizační účinek sodných iontů a vzniká gel. Změřené množství kyseliny, které vyvolá pozorovatelnou koagulaci vodního skla se označuje jako koagulační práh. Spotřeba kyseliny se přepočítává na odpovídající množství sodných iontů ve vodním skle a koagulační práh je vyjádřen v %Na₂O. [5]



Obr. 2.6 Závislost mezi modulem a koagulačním prahem VS [11]

Tekuté vodní sklo

Rozpustné syntetické křemičitany, v tekuté formě nazývané též vodní sklo sodné, draselné, lithné, (eventuelně jejich kombinace) jsou velmi často používána jako pojiva různých systémů (nátěrové hmoty, tmely, formy, jádra a nátěry ve slévárenství, svařovací elektrody, stavební materiály, žáromateriály, izolační materiály), kterým propůjčují nejenom ekologickou nezávadnost, ale i např. kyselinovzdornost, vysokou paropropustnost, nehořlavost apod. [9]

Vodní sklo je koloidní roztok. Jednou z rozhodujících složek ovlivňujících vlastnosti koloidních roztoků je náboj částic. Tento náboj může ovlivnit rychlost vytvrzování. Schopnost koagulace a vzniku gelu je tím větší, čím je náboj částic menší. Vodní skla mají náboj kladný. [9]

Při hodnocení koloidních vlastností vodního skla je nutno sledovat dva stavy: vodní sklo jako disperzní soustavu (sol) a vodní sklo jako přechodovou soustavu (gel). Soly jsou charakterizovány jako soustavy obsahující částice, mezi nimiž je velký počet ohraničených povrchů. Soly lze rozdělit na fázově disperzní soustavy a molekulární koloidy. Vodní sklo patří mezi fázově disperzní soustavy. Částice představují samostatnou fázi oddělenou disperzním prostředím. Velký povrch fázového rozhraní se vyznačuje velkou povrchovou energií a tím značnou termodynamickou nestabilitou. Soustavu

Ize malým zásahem destabilizovat a převést přes přechodovou formu gelu až na pevnou látku. [9]

Tekuté vodní sklo je charakterizováno přeměnou solu v gel. Celý proces konverze sol-gel je zobrazen na **obr. 2.7**.



Obr. 2.7 Schéma konverze sol-gel [13]

Práškové vodní sklo

Práškové rozpustné křemičitany mohou tvořit širokou škálu modulů a rychlostí rozpouštění, aby bylo možno uspokojit požadavky nejrůznějších aplikací. [9]

Práškové vodní sklo má modul = 2,0. Optimální koncentrace práškového pojiva je okolo 0,8 %. Ve formovací směsi, která obsahuje křemenné ostřívo, je 1,5 % vody. Vytvrzování probíhá za tepla, maximální teplota je 200°C. Vyšší teplota vede k "termošoku" části formy nebo jádra a ty pak mají velký otěr. [11]

Obtížně se vyrábějí objemná jádra. Jaderníky musí být opatřeny soustavou průduchů, aby vytvrzování probíhalo v celém objemu a rovnoměrně. Před vstřelováním je vhodné jaderník vyhřát, jinak dochází k lepení jader na jaderník.

Vytvrzení jader je poměrně rychlé, mají dostatečnou pevnost a velmi dobrou rozpadavost. Používají se na odlitky z LLG a Al-slitin. Namíchaná směs musí být chráněna před přístupem vzduchu, jinak dochází k samovolné dehydrataci. Manipulace s práškovým pojivem (mísení) přináší vyšší ztráty.

2.3.4 Pojivo – proteinové biopolymery

Biogenní pojiva jsou ekologicky nezávadná. Pojivo tvoří směs vodou ředitelných biopolymerů a ostříva. Směs se vytvrzuje teplem, kdy je jádrová směs vstřelena do horkého jaderníku. Jádra s tímto pojivem se vyznačují vysokou rozpadavostí a dobrou regenerovatelností. Nejvhodnější je tento druh pojiva pro odlévání tenkostěnných odlitek z slitin s nižší odlévací teplotou, např. Al-slitiny. [14]

Škrob

Škroby jsou makromolekuly tvořené glukosou. Podle surovin, ze kterých jsou škroby vyrobené, rozeznáváme škrob bramborový, kukuřičný, pšeničný, rýžový a jiné. Pro použití v technických oborech se škroby částečně chemicky upravují – hydrolyzují, esterifikují a pod. Tím se zlepšují jejich vlastnosti, jako stálost proti tepelným výkyvům, nabobtnávání atd. [15]

Škrob je bílý prášek a vzniká v zelených částech rostlin asimilačním pochodem. Ve studené vodě je téměř nerozpustný. Škroby mají malé množství průvodních látek - lipidy a proteiny. Běžný škrob obsahuje 10–20 % vody, které se může zbavit jen opatrným sušením. Vysušený škrob je značně hydrofobický. [11]

Při rozpouštění v horké vodě se lehce rozpouštějí jen molekuly ryzího škrobu, tzv. amylasa, tvořící jádro zrníček, obsahující škrob s vázanou H_3PO_4 , tzv. amylopektin, jen bobtná. Vznikají tak silně viskózní opticky aktivní roztoky a po ochlazení lepivé gely, zvané maz škrobový. Přehříváním škrobu s vodou nebo působením KOH na škrob viskozita roztoku klesá. Z amylopektinu se odštěpuje esterově vázaná H_3PO_4 a nastává částečné odbourávání. Tím se převádí do roztoku amylopektin a vzniká tzv. rozpustný škrob. [11]

Důležité je tzv. hydrolytické odbourávání škrobu. Při něm vznikají nejprve částečně odbourané škroby tzv. škrobové dextriny, jejich konečným hydrolytickým produktem je maltosa, až d-glukóza. [11]

Škrobu (škrobového mazu) se používá jen zřídka jako slévárenského pojiva, více však jako přísady do syntetických bentonitových směsí (i ve formě dextrinu) pro snížení spěchovatelnosti a zlepšení plastičnosti a houževnatosti směsi. [11]

Dextrovin

Dextrovin je škrobový hydrolyzát změkčený dusičnanem sodným. Je to sirupovitý roztok, pH je 6,0-7,5, barva je bílá až nažloutlá. Je 100 % rozpustný ve vodě. Používá se nejčastěji pro výrobu lepidel, pojiv, aditivum pro potraviny a krmné směsi, šlichtování textilu. [16]

Kolagen

Pojmem želatina je označován denaturovaný kolagen. Kolagen se vyskytuje u mnohobuněčných organismů a je nejrozšířenějším proteinem obratlovců. Jako extracelulární protein je uspořádán do nerozpustných vláken, která jsou hlavní součástí pojivových tkání (kosti, zuby, chrupavky, šlachy a vláknité struktury kůže a cév).

Kožní kliš a technická želatina je směs glutinu a menšího množství jeho štěpných produktů (prolin a hydroxiprolin). Vyrábí se vyluhováním nečiněných kůží a kožních odpadů teplou vodou. Kliš má zrnitou konzistenci s nepravidelnou velikostí zrn. [17]

Želatina jako finální produkt je bílý nebo bledě žlutý prášek nebo granulát, je rozpustná ve vodě, glycerolu, propylenglykolu, nerozpustná v etanolu a v acetonu. [17]

Celulóza

Buničina neboli celulóza je ze dřeva. Z celulózy prostoupené silně ligninem se získává celulóza (tzv. dřevná) odstraněním ligninu i jiných nečistot buď louhem v přítomnosti Na₂S nebo roztokem Ca(HSO₃)₂. Pracuje se v autoklávu pod tlakem a za vyšších teplot. Přitom se nečistoty odbourávají, přecházejí do roztoku a zbývá dřevná surová celulóza. Nejvíce se používá pro slévárenské účely derivátů celulózy rozpustných ve vodě, pro přípravu ochranných nátěrů forem a jader. [11]

Přednosti a nedostatky proteinových pojiv

Přednosti proteinových pojiv a směsí:

- snadná rozpustnost ve vodě,
- vysoká tekutost a nízká vaznost za syrova,
- široké rozmezí teplot a doby vytvrzování bez značné změny maximální pevnosti,
- chemická netečnost ve styku s tekutým kovem,
- snadná spalitelnost při odlévání (tím i snadná rozpadavost jader po odlití),
- minimální vývoj plynů při lití,
- hygienická nezávadnost, [11]
- snadná regenerovatelnost.

Nedostatky proteinových pojiv a směsí:

- nutnost ohřevu k dosažení dostatečného vysychání nebo karamelizace,
- navlhavost jader po vysušení,
- plastický stav směsi za tepla,
- pevnostní charakteristiky jsou nižší než u umělých pryskyřic (pro méně komplikovaná jádra), [11]
- ochrana pojiva před navlháváním,
- ochrana připravené směsi před vysycháním.

2.4 Zkoušení vzorků

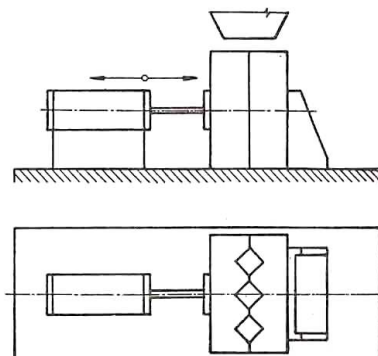
2.4.1 Příprava zkušebních vzorků

Zkušební ohybová tělíska se připravují v předem vyhřátém jaderníku, a to tak, že se směs vnáší do jaderníku pomocí laboratorní foukačky. Vstřelená tělíska jsou tři.

Zkušební ohybové tělísko má čtvercový průřez plochy 500 mm². Délka tělíska v podélné ose je 170 mm. Oba konce tělíska jsou zkoseny

ve směru kolmo na dělicí rovinu jaderníku, a to do nepohyblivé části jaderníku v úhlu 15° a do pohyblivé části v úhlu 5° [5].

K přípravě normalizovaných ohybových tělísek se používá zařízení, které je složeno z elektricky vytápěného jaderníku, pro tři ohybová tělíška, z laboratorní foukačky a vhodného zařízení pro regulaci teploty jaderníku popř. i doby vytvrzování (**obr. 2.7**) [5].



Obr. 2.7 Schéma zařízení pro přípravu zkušebních vzorků metodou WB [5]

Topný příkon je rozdělen rovnoměrně do obou polovin jaderníku, jež mají mít stejnou hmotnost. Plnění jaderníku foukacími otvory o průměru 10 mm. Pravá jaderníková část je pohyblivá, levá se rozevívá, aby tělíška při vyjímání bylo možno uchopit pravou rukou. Pohyblivá část jaderníku je opatřena vyhazovači. Vyhazovače jsou opatřeny hlavou čtvercového průřezu 15×15 mm, s výřezem do tvaru tělísek. Vyhazovače mají opěrnou plochu asi 300 mm^2 . Osová vzdálenost vyhazovačů od středu tělíška je 45–47,5 mm. Laboratorní foukačka má obsah komory asi 1 kg směsi. Komora je buď odsunovatelná z dosahu horkého jaderníku, nebo je opatřena foukací hlavou s vodním chlazením dosedací desky. Foukačka je opatřena regulátorem tlaku vzduchu. Zařízení pro teplotní regulaci umožňuje samostatnou regulaci teploty obou polovin jaderníku. Může být vybaveno časovým spínačem pro nastavení doby vytvrzování, který dá impuls k rozevření jaderníku po uplynutí nastaveného času. [5]

2.4.2 Rychlost vytvrzování směsi

Rychlost konverze syntetických pryskyřičných směsí do netavitelného a nerozpustného stavu závisí na vnitřních i vnějších činitelích. Těmi můžou být koncentrace katalyzátorů, na jemnosti ostřiva, na velikosti jader, na typu pojiva, na přívodu tepla aj. Při znalostech vlivů těchto činitelů můžeme řídit průběh vytvrzování konkrétní jádrové směsi. [5]

Rychlost tepelné konverze se nepřímo zjišťuje z měření pevnosti v ohybu zkušebních trámečků. Doba vytvrzování, při níž směs dosáhne nejvhodnější pevnosti v ohybu, je mírou rychlosti vytvrzování této směsi. Protože naměřené hodnoty pevnosti v ohybu jsou ovlivněny mnoha činiteli (ostřivem, způsobem

ohřevu, dotvrzováním na podložce, rychlostí zatěžování vzorků při ohybové zkoušce), nestanovuje se touto metodou objektivně skutečná rychlost konverze. [5]

2.4.3 Pevnost za tepla

Pevnost za tepla je pevnost v ohybu, naměřená na normalizovaném tělísku pro zjišťování pevnosti v ohybu, a to ihned po vyjmutí tělíska z jaderníku. Doba od vyjmutí tělíska z jaderníku do začátku zatěžování na přístroji na stanovení ohybové pevnosti nesmí být delší než 10 s. [5]

Z připravené směsi se zhotoví zkušební ohybová tělíska. Okamžitě po vyjmutí z jaderníku se ohybové tělísko vloží do pevnostního přístroje a stanoví se ohybová pevnost. Pokud se používá jaderníku pro tři ohybová tělíska, použije se ke zkoušce pouze tělísko první. Ostatní dvě tělíska, vyrobená současně, se uloží na dřevěnou podložku a použijí se buď pro stanovení pevnosti za studena nebo pro jiné zkoušky. Pevnost za tepla se vypočítává jako průměr z hodnot naměřených u tří zkušebních tělísek. [5]

Význam pevnosti za tepla je v tom, jak ovlivňuje dobu vyjímání jader z jaderníku. Na povrchu jádra se vytvoří pevná povrchová vrstva, která umožní jádro bezpečně vyjmout. Zpevňování má probíhat do hloubky, spíše než aby se vytvářela tenká velmi pevná kůra, protože v tomto druhém případě má jádro tendenci ulpívat v jaderníku. Při vyjímání se pak může jádro zničit. [5]

2.4.4 Pevnost za studena

Pevnost za studena je pevnost v ohybu, naměřená na vychladlém normalizovaném zkušebním tělísku, pro zjišťování pevnosti v ohybu.

Z připravené směsi se zhotoví zkušební ohybová tělíska, jež se uloží na dřevěnou podložku tak, aby se navzájem nedotýkala a nechají se volně zchladnout při teplotě místnosti, tj. 20–25°C. Z ochlazených tělísek se stanoví pevnost v ohybu. Pevnost za studena se vypočítá jako průměr z hodnot naměřených u tří zkušebních tělísek. [5]

Pevnostní křivka je graficky vyjádřena závislostí pevnosti za studena na době vytvrzování. Jiné druhy pevnostních závislostí se vyjadřují nezkráceným názvem, např. závislost pevnosti za tepla na teplotě vytvrzování. [5]

Maximální pevnost je nejvyšší pevnost za studena, vyskytující se v souboru obsahujícím různá, avšak definovaná množství daného pojiva a katalyzátoru, jež se vytvrzují při různých definovaných teplotách a dobách vytvrzování. [5]

Pevnost za studena je nezbytná proto, aby bylo možno bezpečně manipulovat s jádrem až do okamžiku jeho vložení do formy. Protože podmínky ve výrobě jsou rozmanité, musí pojivo zajišťovat uspokojivou

pevnost v určitém rozsahu provozních podmínek. Čím je pojivo pružnější, tím bezpečnější bude v provozu. [5]

2.4.5 Tekutost směsí

Tekutost směsí je důležitá vlastnost při výrobě složitých jader vstřelování. Je definována jako schopnost pohybu směsi do stran ve směru kolmém na směr pohybu působící síly. Malá tekutost směsi může mít tyto příčiny:

- V polydisperzním pískovém systému se zvýšil obsah jemných podílů ostřiva nad 1,5 %. Toto zvýšení může být zaviněno odmíšením jemných podílů v sítích po sušení nebo přímo dodavatelem písků.
- Bylo použito pojivo, u něhož již částečně proběhla polykondenzace, která se projevuje zvýšením viskozity a snížením tekutosti.
- Směs je za provozní dobou použitelnosti (životnosti). [5]

2.4.6 Životnost směsí

Pokles pevnosti v ohybu v závislosti na době skladování směsi je mírou životnosti směsí. Toto kritérium je především důležité u směsí s katalyzátory, u směsí sacharidových a formaldehydových má podstatně menší význam. [5]

Není-li jádrová směs do určité doby zpracována, dochází k vytvrzování vrstvy pojiva na povrchu pískových zrn a po upěchování takového směsi nedosáhneme požadované pevnosti jader. Nízká životnost směsi může být způsobena:

- vyšším obsahem katalyzátoru, než je optimální množství ve směsi,
- nižším obsahem pojiva při zachování množství katalyzátoru,
- teplým pískem při přípravě směsi,
- dlouhou dobou míšení směsi.

Životnost směsi je tedy nejdelší doba, pro niž směs, uložená za definovaných podmínek, uchovává vlastnosti potřebné ke zhotovení jader a vykazuje přitom stanovenou nejnižší pevnost za studena. [5]

Součinitel životnosti je bezrozměrné číslo, vyjadřující změnu kvality směsi vlivem uložení před zpracováním. Vypočítává se z poměru pevnosti za studena dané směsi, jež byla uložena stanovenou dobu a pevností za studena dané směsi ihned po jejím namíchání. [5]

2.4.7 Otěruvzdornost jader

Otěruvzdornost je bezrozměrné číslo, vyjadřující odolnost povrchu vytvrzeného jádra vůči vniknutí dotykové části (břitu nebo frézové hlavy) přístroje pro měření otěruvzdornosti při jejím dynamickém působení. [5]

Dále lze zkoušet otěruvzdornost obrušováním zkušebního tělíska brusným kotoučem nebo třením tělísek o sebe. Další metodou stanovení otěru je zjišťovat ztrátu hmotnosti zkušebního válečku, vystaveného proudu železných broků. [5]

Přístroj k stanovení otěru frézou je ruční zařízení, kterým se kontroluje odolnost povrchu jader. Odolnost proti otěru posuzujeme podle hloubky, do níž se zavrtá fréza po určitém počtu otáček. Otěr se vyjadřuje v mm hloubky vývrtu. Tlak na frézu je vyvozen vestavěnou pružinou. [5]

2.4.8 Navlhavost jader

Vytvrzená jádra z formy po vychladnutí a delším skladování na vzduchu přijímají vzdušnou vlhkost. To se projeví snížením jejich pevnosti. Navlhavost není u všech druhů formovacích směsí stejná a je určena charakterem pojiva (hydrofilní nebo hydrofobní charakter). Kromě snížení pevnosti se dostavuje ještě zvýšený vývin plynů při odlévání. [5]

Zkušební tělesa pro pevnostní zkoušky se nechají navlhnout 24 hodin v exsikátoru. Po 24 hodinách se stanoví hmotnostní přírůstek zkušebního tělesa. Pokles pevnostních hodnot vůči původním, vyjádřeným v procentech je mírou navlhavosti zkoušené směsi. [5]

2.4.9 Plastická deformace tvaru

Jádra z horkých jaderníků patří mezi termoplastické výrobky. Je-li jádro z této směsi vyndáno z horkého jaderníku před optimální dobou vytvrzení a při dopravě nebo skladování namáháno ohybem nebo tahem, může docházet ke tvarovým deformacím. Ty se projeví na odlitcích. Stejně je tomu i při namáhání jádra vnější silou během odlévání, kdy se jádro dostává opět do plastického stavu. Deformace profilu jader mohou být způsobeny:

- předčasným vyjmutím jádra při vysoké teplotě jaderníku,
- skladováním jader v blízkosti silného tepelného zdroje,
- přímým zatížením jádra formou nebo úkladem během lití. [5]

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 Zkušební tělesa

Zkušební trámeček o rozměrech 15x15x170 mm (**obr. 3.1**), byl použit pro zkoušku pevnosti v ohybu za tepla a za studena, otěruvzdornosti a navlhavosti. Hmotnost zkušebního tělíska 130-144 g.



Obr. 3.1 Zkušební trámeček

Metodika měření pevnosti v ohybu za tepla, za studena, otěruvzdornost a navlhavost jader je uvedena v kapitolách 2.4.3, 2.4.4, 2.4.7, 2.4.8. Zkušební tělíska zkoušená za studena byla ochlazována na vzduchu na dřevěné podložce.

3.2 Použité stroje a zařízení

- Laboratorní váhy SARTORIUS MC1
- Laboratorní váha Transporta
- Laboratorní sušička MORA 524
- Laboratorní mísič Kitchen Aid (**obr. 3.2**)
- Kolový mísič +GF+
- Vstřelovačka LAEMPE (**obr. 3.3**)
- Pěchovací přístroj +GF+, typ: PFA - s příslušenstvím (**obr. 3.4**), (**obr. 3.5**)
- Prosévačka se sadou sít (**obr. 3.6**)
- Univerzální přístroj na měření pevnosti +GF+ (**obr. 3.7**)
- Univerzální přístroj na měření pevnosti WADAP LRu-D (**obr. 3.8**)
- Přístroj na měření otěru na válcích WADAP
- Spirálový vařič
- Vrtulkový mísič
- Exsikátor na měření navlhavosti (**obr. 3.9**)
- Mikrovlnná trouba



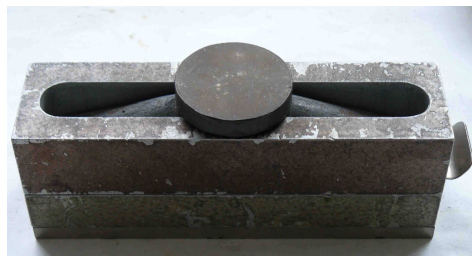
Obr. 3.2 Laboratorní mísič



Obr. 3.3 Vstřelovačka Laempe



Obr. 3.4 Příklad přístroje na pěstování zkušebních tělísek



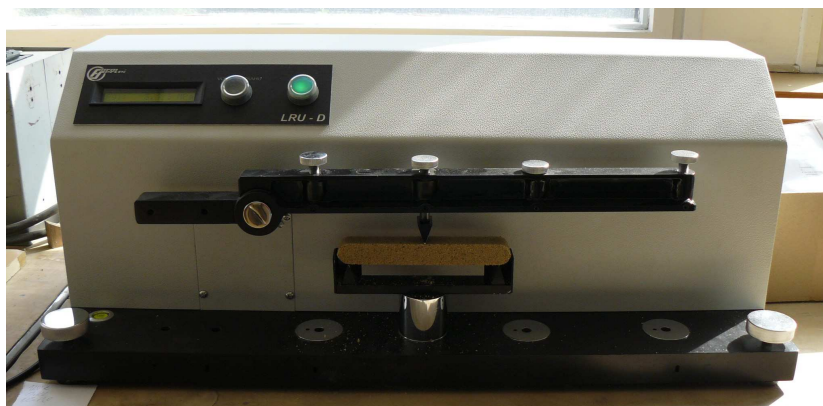
Obr. 3.5 Přípravek na pěstování trámečku



Obr. 3.6 Prosévačka se sadou sít



Obr. 3.7 Univerzální přístroj na měření pevnosti +GF+



Obr. 3.8 Univerzální přístroj na měření pevnosti WADAP LRU



Obr. 3.9 Exsikátor na měření navlhavosti

3.3 Použité pomůcky

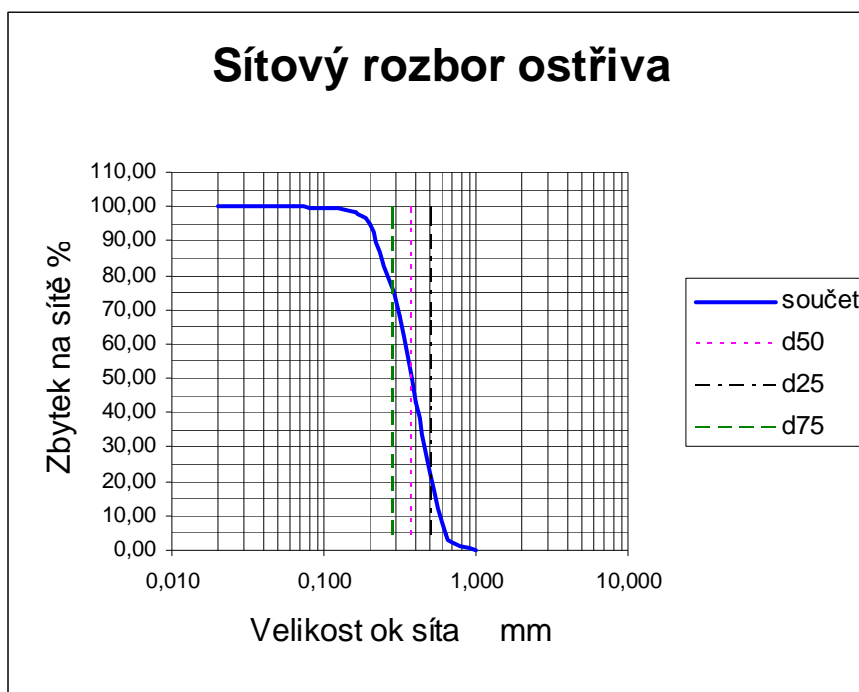
- kádinky, odměrné válce, misky
- lopatka, lžičky, štetěčky
- kyblík
- stopky
- kleště
- injekční stříkačka
- dřevěné desky
- žárovzdorné rukavice

3.4 Použité chemikálie a materiály

- křemenné ostřívo Šajdíkové Humunce $d_{50} = 0,35$ mm (ŠH 35),
- křemenné ostřívo Šajdíkové Humunce $d_{50} = 0,35$ mm (ŠH 35),
- Furesan 8157 (HÜTTENES-ALBERTUS)
- Foredur 7920 (HÜTTENES-ALBERTUS)
- KERNFIX WB 185/3 (ASHLAND-SÜDCHEMIE-KERNFEST)
- Hotfix WB 220 (ASHLAND-SÜDCHEMIE-KERNFEST)
- tekuté vodní sklo DESIL J
- práškové vodní sklo (České)
- DEXTROVIN
- K2 (TANEX)
- Technická želatina (TANEX)
- postřik SILKAL 93 (silikonový olej – výrobce LYBAL)
- rostlinný olej (slunečnicový)
- voda, Brněnské vodárny a kanalizace, a.s., pH=7,38
- celulóza MHPC-25
- Hlinitanový cement 71
- Portlandský cement 42,5 N

3.5 Charakteristika použitého ostříva

Bylo zvoleno jako ostřívo Šajdíkové Humence ŠH 30 a ŠH 32. Jedná se o prané tříděné slévárenské písky vhodné pro odlitky z neželezných kovů. Jednotlivá zrna jsou oblého tvaru vhodná pro jádrovou směs, protože zajišťují menší spotřebu pojiva při stejné výsledné pevnosti zhotovených jader. Ostřívo má strmou křivku zrnitosti, zaručující dobrou prodyšnost jader. Obsah vyplavitelných látek je u obou ostřív menší než 0,5 hmotnostních % a velikost středního zrna d_{50} je 0,37 mm (ŠH 32) a 0,73 mm (ŠH 30).



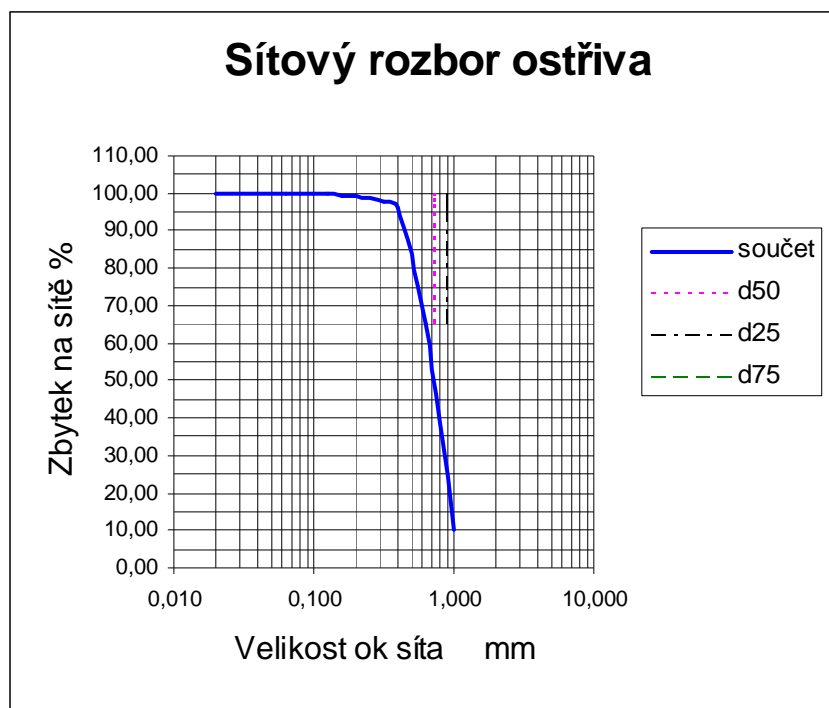
Graf 3.1 Síťový rozbor ostřiva ŠH 32

Ostřivo po výplavu		49,93	
Vyplavitelné látky		0,07	
%		0,14	
Síta	zbytek		součet
mm	g	%	%
1,000	0,02	0,0	0,0
0,630	2,26	4,5	4,6
0,400	19,23	38,5	43,1
0,315	12,44	24,9	68,0
0,200	13,44	26,9	94,9
0,160	1,60	3,2	98,1
0,125	0,56	1,1	99,2
0,100	0,15	0,3	99,5
0,080	0,10	0,2	99,7
0,063	0,09	0,2	99,9
0,020	0,00	0,0	99,9
celkem	49,93	100	

Tab. 3.1 Síťový rozbor ostřiva ŠH 32

ρ_s Sypná obj. hmotnost ostřiva g/cm^3			0
S_{th} Teoretický povrch cm^2/g :			65,07
MK_{calc} Střední velikost zrn mm			0,394
AFS			37,1
d_{50} mm:			0,376
d_{75} mm:			0,285
d_{25} mm:			0,508
Pravidelnost zrnitosti ostřiva d_{75}/d_{25} %			56,1
$\log w$			61,3
$\log w$ %			58,9
Podíly ostřiva pod 0,1 mm %			0,38
n_{th} Teoretický specifický počet zrn ks/g			32658,39
S_w Specifický měrný povrch cm^2/g			nedef.
K_h Koeficient hranatosti S_w/S_{th}			nedef.

Tab. 3.2 Charakteristika ostřiva ŠH 32



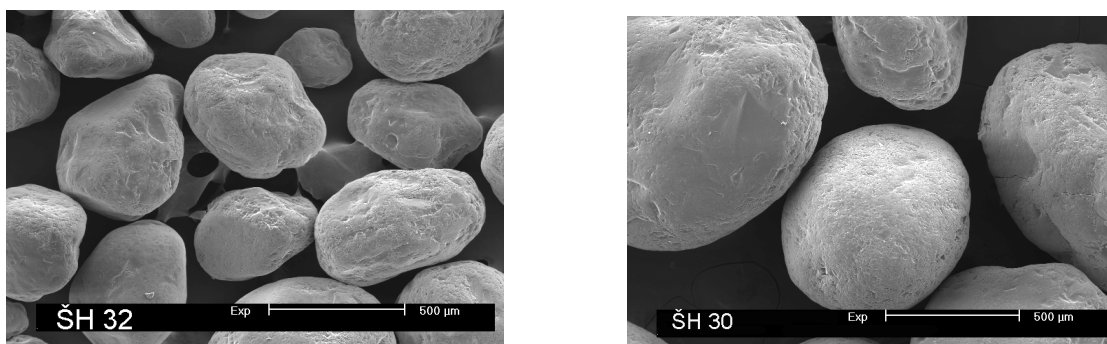
Graf 3.2 Sítový rozbor ostřiva ŠH 30

Ostřivo po výplavu		49,96	
Vyplavitelné látky		0,04	
	%	0,08	
Síta	zbytek		součet
mm	g	%	%
1,000	5,15	10,3	10,3
0,630	27,45	54,9	65,2
0,400	15,59	31,2	96,4
0,315	0,72	1,4	97,8
0,200	0,73	1,5	99,3
0,160	0,14	0,3	99,6
0,125	0,11	0,2	99,8
0,100	0,03	0,1	99,8
0,080	0,04	0,1	99,9
0,063	0,00	0,0	99,9
0,020	0,00	0,0	99,9
celkem	50	100	

Tab. 3.3 Síťový rozbor ostřiva SH 30

ρ_s Sypná obj. hmotnost ostřiva g/cm ³			0
S_{th} Teoretický povrch cm ² /g:			34,48
MK_{calc} Střední velikost zrn mm			0,706
AFS			19,7
d_{50} mm:			0,732
d_{75} mm:			#####
d_{25} mm:			0,901
Pravidelnost zrnitosti ostřiva d_{75}/d_{25} %			0,0
log w			47,3
log w %			45,4
Podíly ostřiva pod 0,1 mm %			0,08
n_{th} Teoretický specifický počet zrn ks/g			5572,051
S_w Specifický měrný povrch cm ² /g			ndef.
K_h Koeficient hranatosti S_w/S_{th}			ndef.

Tab. 3.4 Charakteristika ostřiva SH 30



a) ŠH 32

b) ŠH 30

Obr. 3.10 Ostřivo ŠH – měřítko 500 μm

3.6 Příprava formovacích směsí

3.6.1 Příprava ostřiva

Navážené ostřivo o hmotnosti 2 kg bylo složeno ze 70 % (1,4 kg) ŠH 32 a ze 30 % (0,6 kg) ŠH 30. Ostřivo bylo mícháno v mísiči 1 minutu k dosažení homogenizace směsi.

Toto složení ostřiva bylo použito u všech směsí použitých v praktickém měření.

3.6.2 Příprava pojiva

Pryskyřice

Množství tvrdidla 1/6 z obsahu pryskyřice bylo přidáno do ostřiva a mícháno 1 minutu. Pak se přidala pryskyřice o obsahu 1,5 % z ostřiva, směs se míchalo 2 minuty.

Zvážená pryskyřice i tvrdidlo bylo s přesností 0,01 g. U obou druhů zkoušených směsí bylo stejné obsahové složení.

Tekuté vodní sklo

Vodní sklo o obsahu 5 % se přidalo k ostřivu a směs se míchala 3 minuty. VS bylo zvážené s přesností 0,01 g.

Práškové vodní sklo

Do ostřiva se přidalo 1,5 % vody. Ostřivo se s vodou míchalo 2 minuty. Pak se přidalo 1,5 % práškového vodní sklo a pokračovalo se v mísení dalších 30 minut.

VS bylo zvážené s přesností 0,01 g.

Dextrovin

Dextrovin o různém obsahu byl přidán do ostřiva a směs se míchala 3 minuty. Dextrovin byl zvážený s přesností 0,01 g.

K2, Technická želatina

Pojivo bylo přidáno do kádinky s odměřeným množstvím vody. Směs se nechala nabobtnat 10 minut. Po zahřátí na teplotu 70-80°C se za neustálého míchání pojivo úplně rozpustilo. Nabobtnání není nutné, ale dochází po něm k rychlejšímu rozpuštění pojiva.

Pojiva K2 a TZ byla zvážena s přesností 0,01 g.

Celulóza

Celulóza o obsahu 1,5 % byla společně s cementem o obsahu 1,5 % přidána k ostřivu a míšena v kolovém mísiči 30 minut. Pak byla přidána voda o obsahu 4 % z formovací směsi. Směs se dále mísila 15 minut.

Celulóza i cement byly zváženy s přesností 0,01 g.

3.7 Praktické měření - vstřelování

Připravenou směsí byla naplněna násypka vstřelovačky, kde po vstřelení směsi do jaderníku byla vyrobena zkušební tělesa standardní velikosti pro měření pevnosti v ohybu, otěruvzdornosti a navlhavosti. Tělesa byla vstřelena o konstantním tlaku 0,4 MPa a 0,6 MPa. Doba vytvrzování závisela na použitém pojivu. Teplota jaderníku byla postupně nastavována od 100–180°C.

Na jaderník byl před zahřátím nanesen postřikem separátor SILKAL 93, který zabraňoval nalepování jádrové směsi na stěny jaderníku. Tento postřik má teplotní použitelnost max. do 240°C. Separovací sprej pomáhal snadnému vyjímání jader.

Otěruvzdornost byla změřena frézku při počtu 5 otáček. Hloubka vniknutí frézky byla odečtena na stupnici v mm.

Požadované pevnosti v ohybu:

za tepla > 3,0 MPa

za studena > 3,7 MPa

3.7.1 Pojivo – pryskyřice (HÜTENES-ALBERTUS)

Charakteristika

Pryskyřice Furesan 8157 od firmy Hütenes – Albertus má červenou barvu a velmi dobrou tekutost jako voda. Tvrdidlo Furedur 7920 má okrovou barvu a jeho tekutost je podobná oleji.

Směs č. 1

Složení směsi: Ostřivo – viz. 3.6.1

Pojivo (Furesan 8157) – 30 g

Tvrdidlo (Furedur 7920) – 5 g

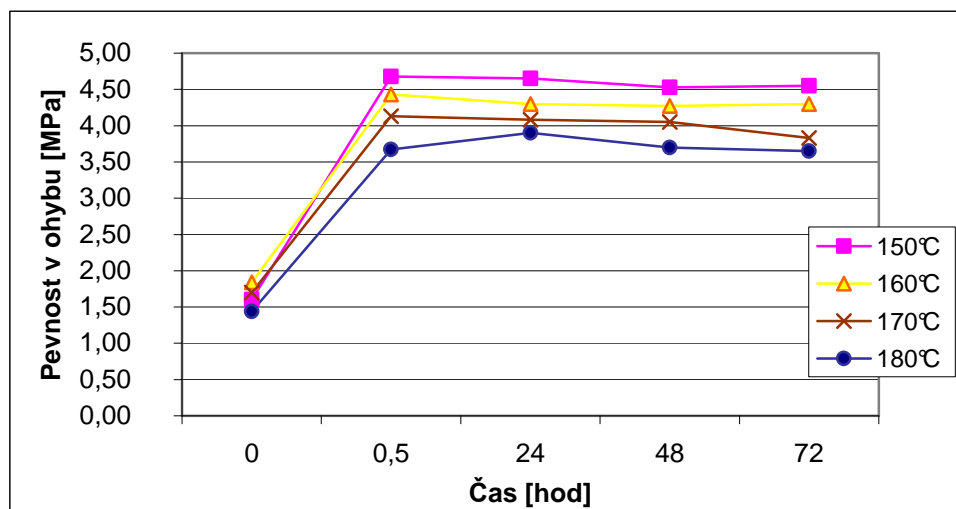
Směs se vstřelovala při vstřelovacím tlaku 4 bary. Doba vytvrzování byla 1 minuta a 1,5 minut.

hmotnost trámečků: 137 g

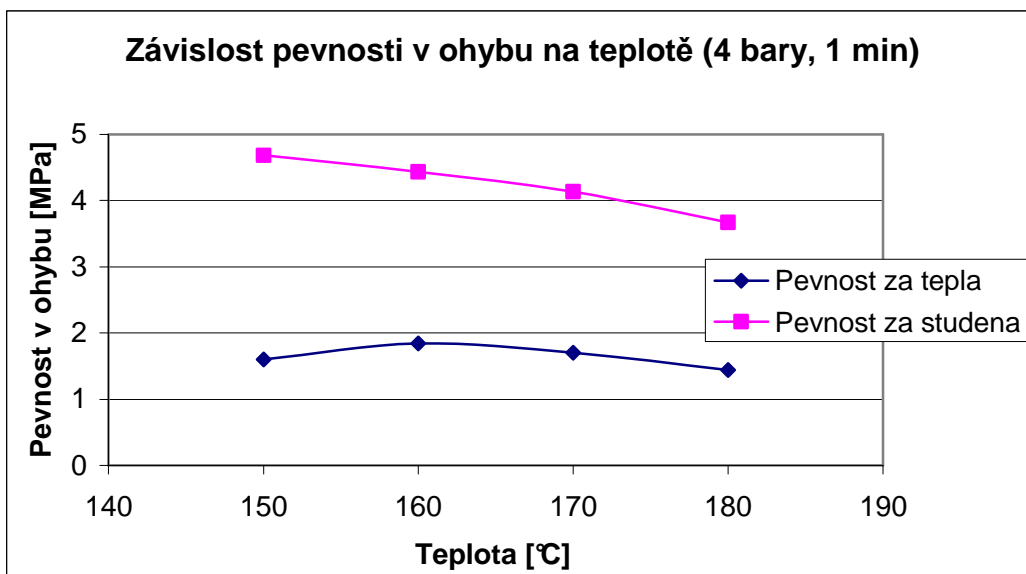
Tlak v nástřelu: **4 bary** Doba vytvrzování: **1 min**

Teplota [°C]	150	160	170	180
Pevnost za tepla	1,60	1,84	1,70	1,44
Pevnost za studena	4,68	4,43	4,13	3,67
Po 24 hod	4,65	4,30	4,08	3,90
Po 48 hod	4,53	4,27	4,05	3,70
Po 72 hod	4,55	4,30	3,83	3,65
Navlhavost [%]	0,021	0,028	0,028	0,027
Otěr [mm]	3,6	3,6	3,6	3,6

Tab. 3.5 Změřené pevnosti v ohybu



Graf 3.3 Průběh pevnosti v ohybu (4 bary, 1 min)

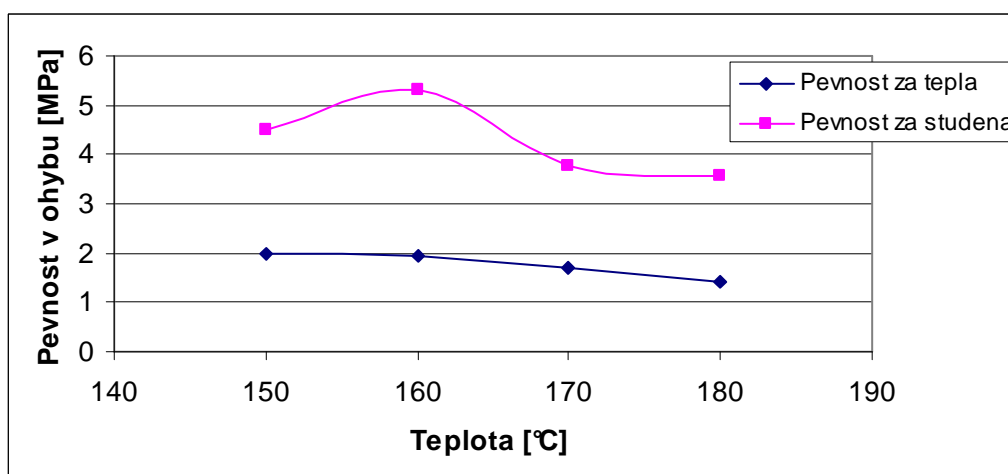


Graf 3.4 Závislost pevnosti v ohybu na teplotě (4 bary, 1 min)

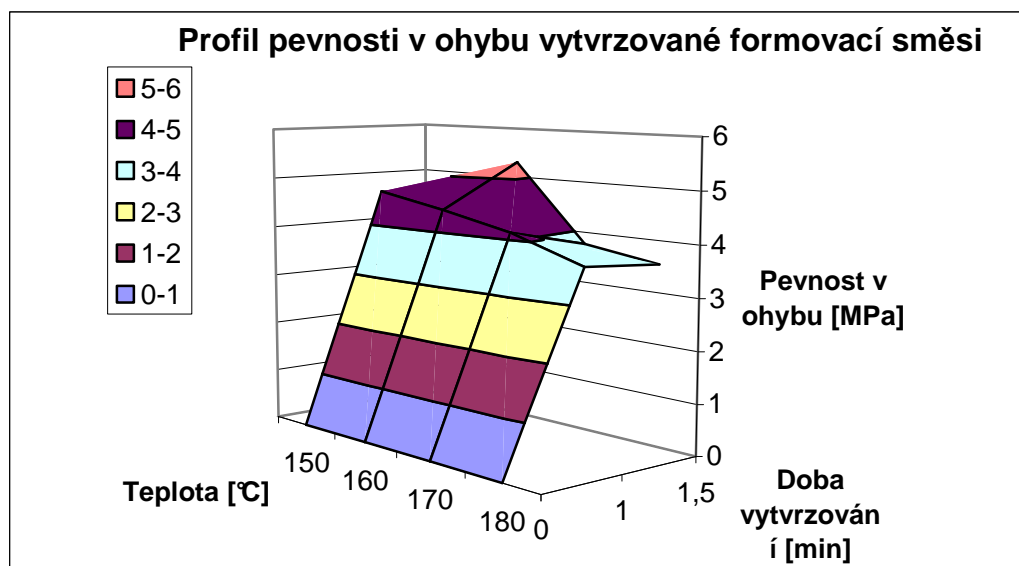
Tlak v nástřelu: **4 bary**Doba vytvrzování: **1,5 min**

Teplota [°C]	150	160	170	180
Pevnost za tepla	1,97	1,94	1,72	1,41
Pevnost za studena	4,52	5,30	3,77	3,55

Tab. 3.6 Změřené pevnosti v ohybu



Graf 3.5 Závislost pevnosti v ohybu na teplotě (4 bary, 1,5 min)



Graf 3.6 Profil pevnosti v ohybu vytvrzované jádrové směsi

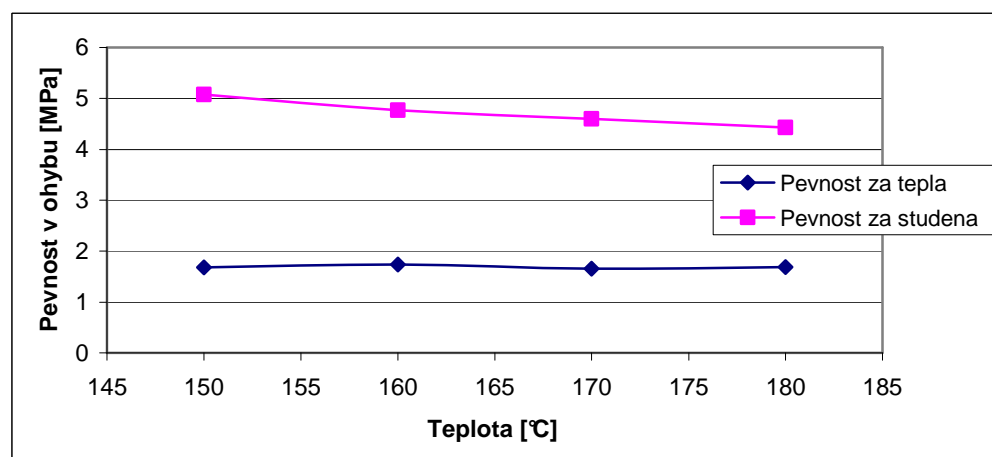
Stejná směs byla vstřelována za vyššího tlaku – 6 barů. Sledovalo se, jak velký vliv má vstřelovací tlak na pevnosti v ohybu.

hmotnost trámečku: 143,21 g

Tlak v nástřelu: **6 barů** Doba vytvrzování: **1 min**

Teplota [°C]	150	160	170	180
Pevnost za tepla	1,68	1,74	1,66	1,69
Pevnost za studena	5,08	4,77	4,60	4,43

Tab. 3.7 Změřené pevnosti v ohybu

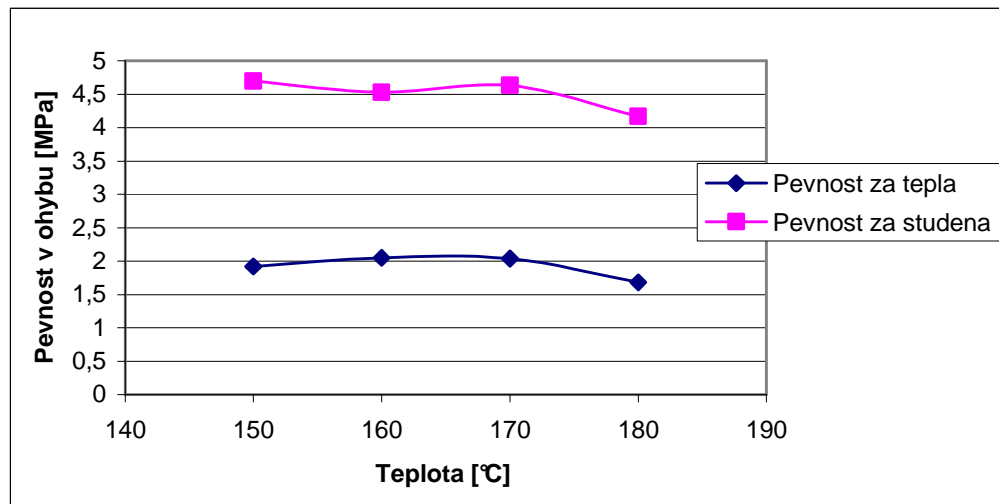


Graf 3.7 Závislost pevnosti v ohybu na teplotě (6 barů, 1 min)

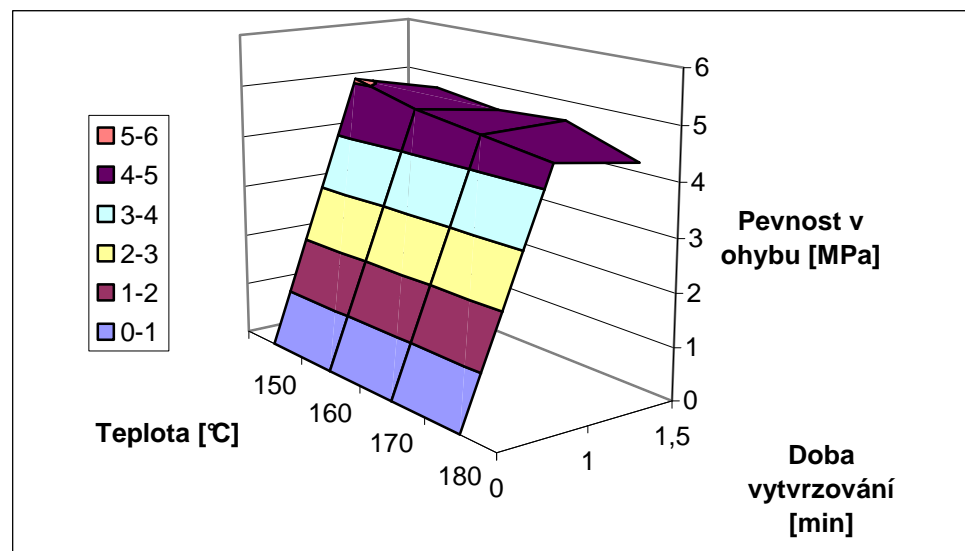
Tlak v nástřelu: **6 barů** Doba vytvrzování: **1,5 min**

Teplota [°C]	150	160	170	180
Pevnost za tepla	1,92	2,05	2,04	1,68
Pevnost za studena	4,70	4,53	4,63	4,17

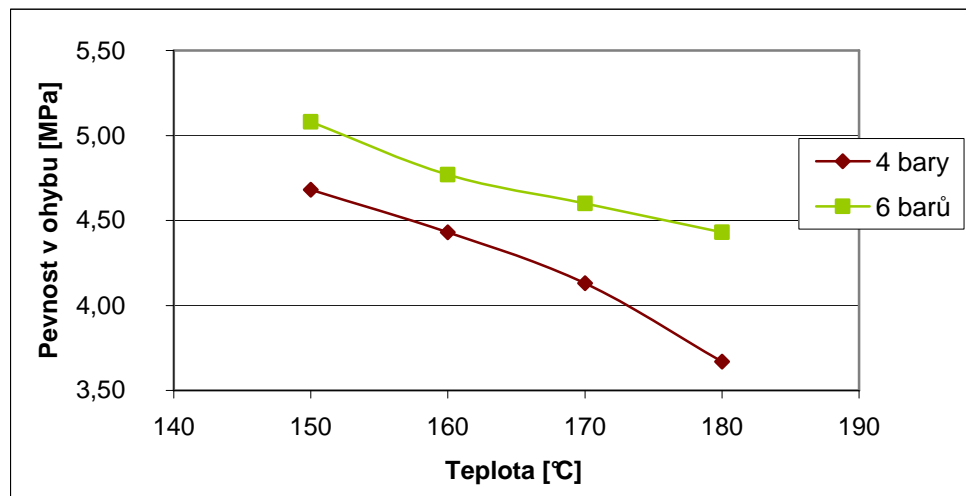
Tab. 3.8 Změřené pevnosti v ohybu



Graf 3.8 Závislost pevnosti v ohybu na teplotě (6 barů, 1,5 min)



Graf 3.9 Profil pevnosti v ohybu vytvrzované jádrové směsi



Graf 3.10 Závislost pevnosti v ohybu na teplotě při rozdílných vstřelovacích tlacích

Pevnosti v ohybu za studena i za tepla mají jen malý rozdíl (<0,5 MPa) výsledných hodnot při vstřelovacím tlaku 4 bary a 6 barů. V následujících zkouškách budou směsi vstřelovány pouze při tlaku 4 bary.

3.7.2 Pojivo – pryskyřice (ASHLAND-SÜDCHEMIE-KERNFEST)

Charakteristika

Pryskyřice Kernfix WB 185/3 od firmy Ashland-Südchemie-Kernfest a tvrdidlo Hotfix WB 220 mají žlutohnědou barvu. Jejich tekutost je podobná oleji. Při vytvrzování vznikl štiplavý zápach, který dráždil oči a sliznice.

Směs č. 2

Složení směsi: Ostřivo – viz. 3.6.1

Pojivo (Kernfix WB 185/3) – 30 g

Tvrdidlo (Hotfix WB 220) – 5 g

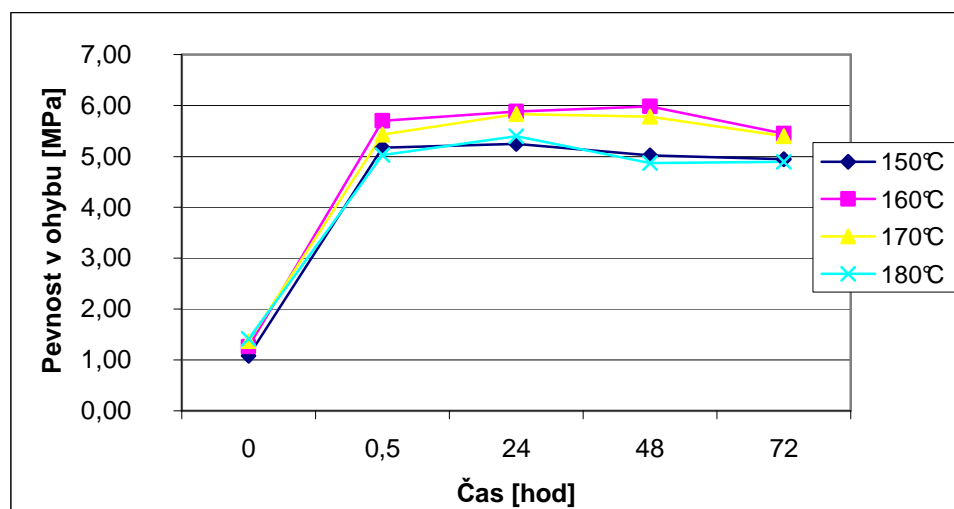
Směs se vstřelovala při vstřelovacím tlaku 4 bary. Doba vytvrzování byla 1 minuta a 1,5 minut.

hmotnost trámečků: 138 g

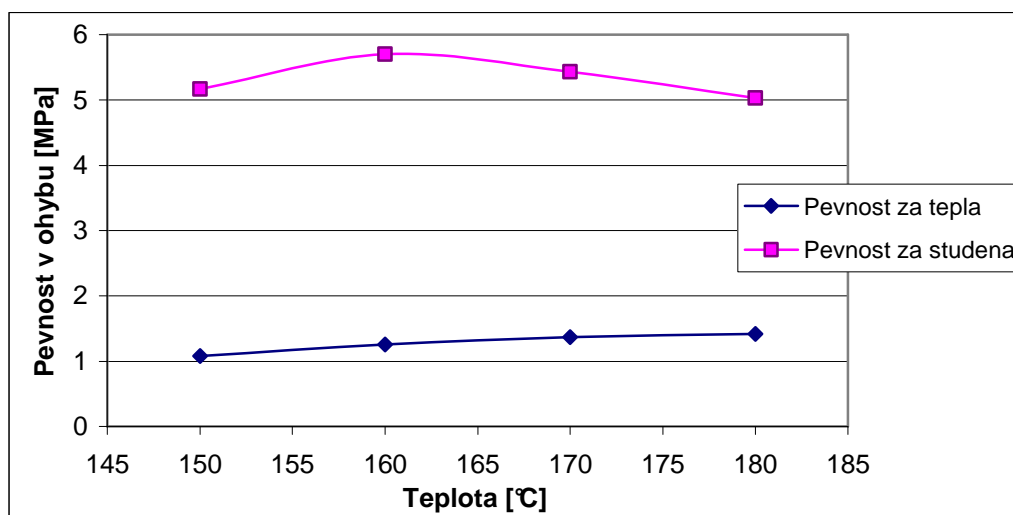
Tlak v nástřelu: 4 bary Doba vytvrzování: 1 min

Teplota [°C]	150	160	170	180
Pevnost za tepla	1,08	1,26	1,37	1,42
Pevnost za studena	5,17	5,70	5,43	5,03
Po 24 hod	5,25	5,88	5,83	5,40
Po 48 hod	5,02	5,98	5,78	4,87
Po 72 hod	4,95	5,45	5,40	4,90
Navlhavost [%]	0,022	0,027	0,028	0,028
Otěr [mm]	3,8	3,7	3,8	3,8

Tab. 3.9 Změřené pevnosti v ohybu



Graf 3.11 Průběh pevnosti v ohybu (4 bary, 1 min)

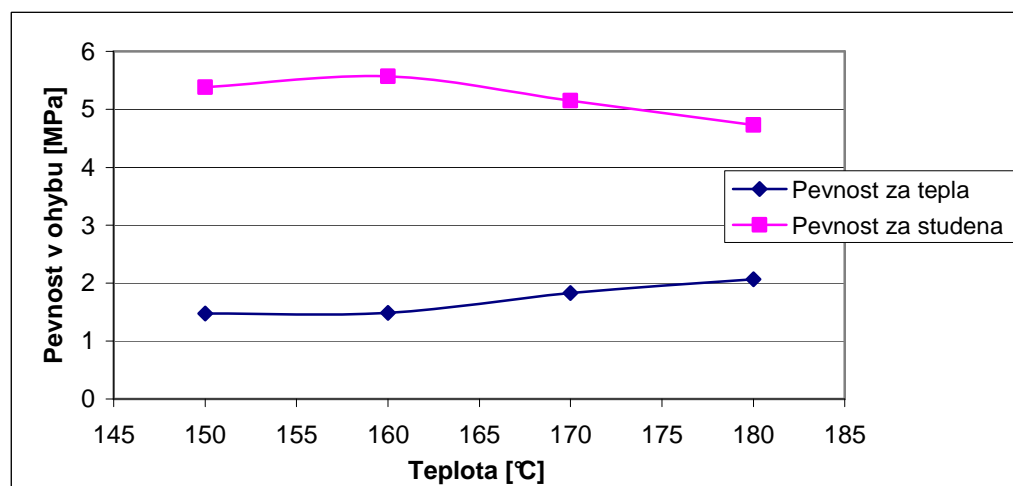


Graf 3.12 Závislost pevnosti v ohybu na teplotě (4 bary, 1 min)

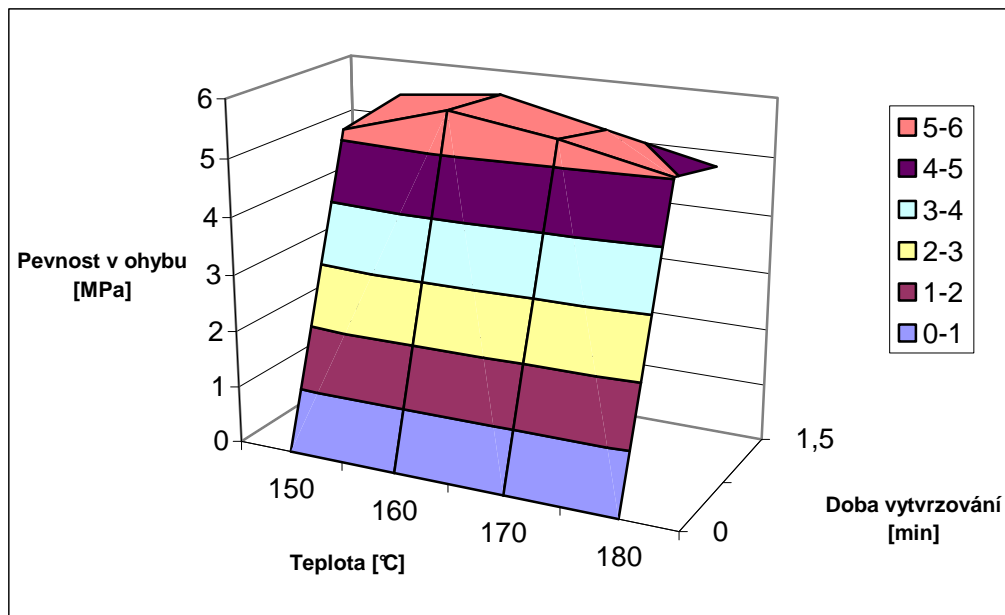
Tlak v nástřelu: 4 bary Doba vytvrzování: 1,5 min

Teplota [°C]	150	160	170	180
Pevnost za tepla	1,48	1,49	1,83	2,07
Pevnost za studena	5,38	5,57	5,15	4,73

Tab. 3.10 Změřené pevnosti v ohybu



Graf 3.13 Závislost pevnosti v ohybu na teplotě (4 bary, 1,5 min)



Graf 3.14 Profil pevnosti v ohybu vytvrzované jádrové směsi

Nejvyšší pevnosti v ohybu jsou dosaženy při teplotách vytvrzování 160°C a době vytvrzování 1 minuty. Je jen malý rozdíl v pevnostech při době vytvrzování 1 minuty a 1,5 minuty.

3.7.3 Pojivo – vodní sklo tekuté

Charakteristika

Tekuté vodní sklo DESIL J (Š 27) od firmy Vodní sklo a. s. má čirou barvu a je bez zápachu. Jeho tekutost je podobná oleji.

Směs č. 3

Složení směsi: Ostřivo – viz. 3.6.1

Pojivo vodní sklo – 150 g

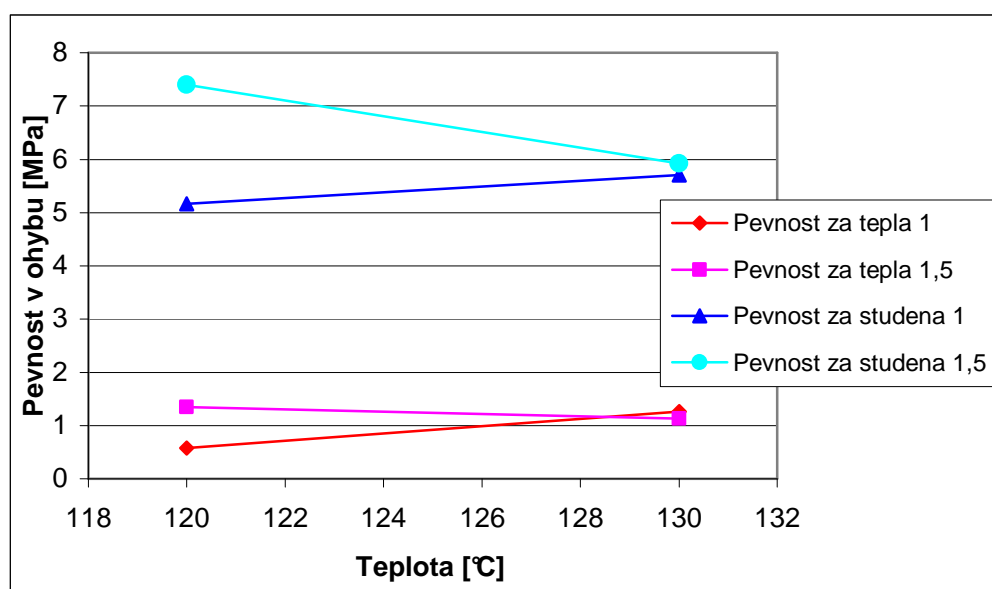
Směs se vstřelovala při vstřelovacím tlaku 4 bary. Doba vytvrzování byla 1 minuta a 1,5 minut. Směs se musela chránit před vysycháním.

hmotnost trámečků: 133 g

Doba vytvrzování: 1 min a 1,5 min

Teplota [°C]	120	130
Pevnost za tepla 1	0,58	1,26
Pevnost za tepla 1,5	1,35	1,13
Pevnost za studena 1	5,17	5,70
Pevnost za studena 1,5	7,40	5,92

Tab. 3.11 Změřené pevnosti v ohybu



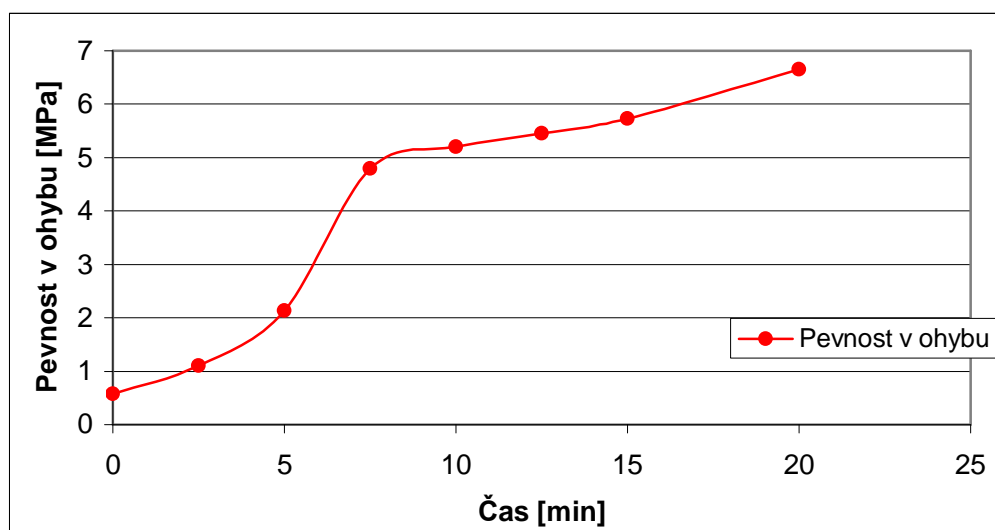
Graf 3.15 Závislost pevnosti v ohybu na teplotě (1 min, 1,5 min)

Pevnost za tepla byla velmi malá, za studena naopak vysoká. Dalším zkoušením se hledala doba, kdy dojde k nárůstu pevnosti v ohybu. Po vyjmutí z jaderníku byly trámečky odloženy na dřevěnou desku a zkoušeny na ohyb po 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5; 15 a 20 minutách.

Zkoušky byly prováděny s teplotou vytvrzování 120°C a 1 minutě vytvrzování.

Čas [min]	0	2,5	5	7,5	10	12,5	15	20
Pevnost v ohybu [MPa]	0,58	1,10	2,13	4,80	5,20	5,45	5,73	6,65

Tab. 3.12 Změřené pevnosti v ohybu (120°C, 1 min)



Graf 3.16 Závislost pevnosti v ohybu na čase

3.7.4 Pojivo – vodní sklo práškové

Charakteristika

Práškové vodní sklo má bílou barvu. Při jeho manipulaci se vodní sklo prášilo, tento prach dráždil sliznice.

Směs č. 4

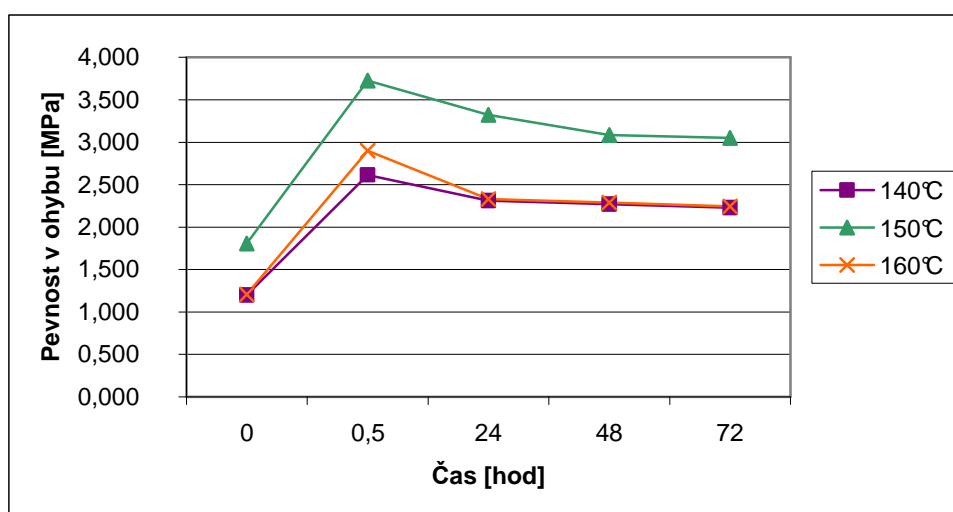
Složení směsi: Ostřivo – viz. 3.6.1
Pojivo vodní sklo – 30 g
Voda – 30 ml

Směs se vstřelovala při vstřelovacím tlaku 4 bary. Doba vytvrzování byla 5 minut.

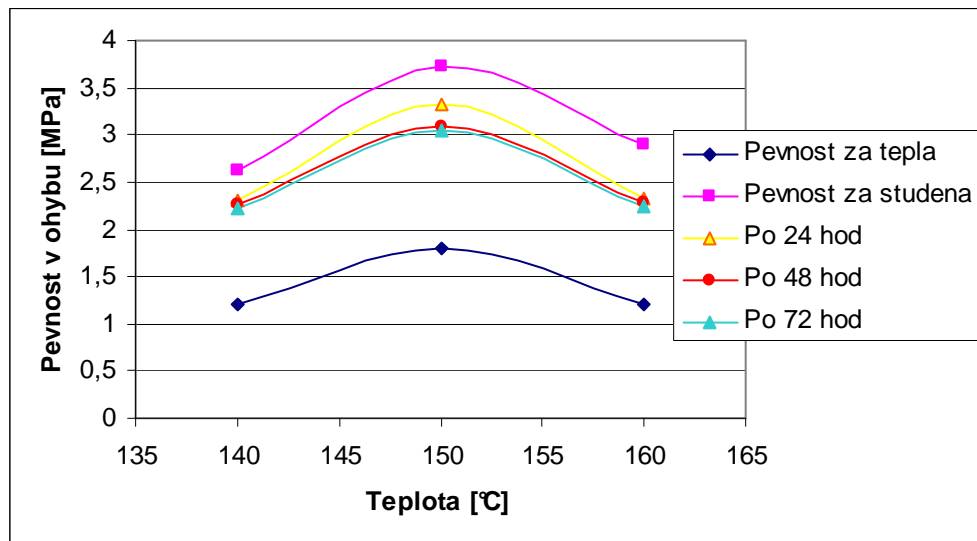
hmotnost trámečků: 131 g

Teplota [°C]	140	150	160
Pevnost za tepla	1,202	1,807	1,209
Pevnost za studena	2,615	3,727	2,902
Po 24 hod	2,312	3,323	2,328
Po 48 hod	2,269	3,085	2,287
Po 72 hod	2,228	3,052	2,241
Navlhavost [%]	0,016	0,015	0,015
Otěr [mm]	3,85	3,85	3,80

Tab. 3.13 Změřené pevnosti v ohybu



Graf 3.17 Průběh pevnosti v ohybu



Graf 3.18 Závislost pevnosti v ohybu na teplotě

Při vstřelování směsi s práškovým vodním sklem musela být dobře očištěná hlava a jaderník, jinak docházelo k rozstřelu směsi. Jaderník musel být dobře separovaný, jádra se špatně vyndávala.

3.7.5 Pojivo – Dextrovin

Charakteristika

Dextrovin má světle žlutou barvu. Jeho tekutost je podobná oleji. Je téměř bez zápachu.

Směs č. 5

Složení směsi: Ostřivo – viz. 3.6.1

Pojivo Dextrovin – 62 g (3,1 %)

Směs se zkoušela vstřelovat do jaderníku vyhřátého na 100°C. Doba vytvrzování byla 2 minuty. Směs se po otevření jaderníku vysypala.

Doba vytvrzování se prodloužila na 5 minut. Po otevření jaderníku se směs opět vysypala.

Teplota jaderníku se zvýšila na 130°C. Po otevření jaderníku byly trámečky plastické, nedaly se vyndat (zhroutily se). Směs se silně nalepovala na jaderník. Na vzduchu se směs rychle vytvrdila a byla mírně lepkavá na omak.

Trámečky měly při vytvrzování příjemnou nasládlou vůni. Když se doba vytvrzování prodloužila na 10 minut, trámečky se stále hroutily a měly připálenou vůni.

Tento druh pojiva se bude zkoušet vytvrzovat pomocí mikrovlnného ohřevu.

3.7.6 Pojivo – K2

Charakteristika

K2 má žlutou barvu. Je dodáván v zrnité konzistenci s nepravidelnou velikostí zrn - drcený (průměr zrn cca 1,5 - 2,5 mm).

Směs č. 6

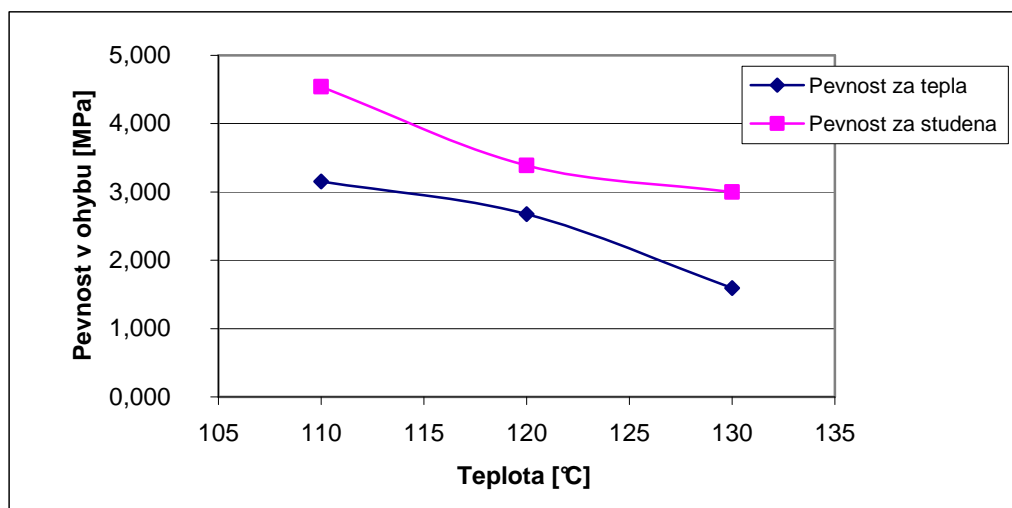
Složení směsi: Ostřivo – viz. 3.6.1
 Pojivo K2 – 40 g (2 %)
 Voda – 40 ml (2 %)

Směs se vstřelovala při vstřelovacím tlaku 4 bary. Doba vytvrzování byla 3 minuty.

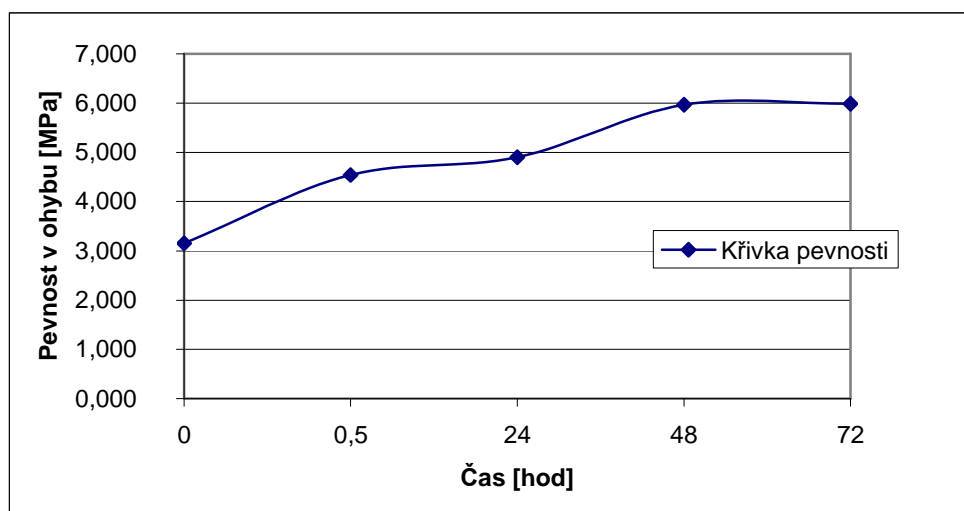
hmotnost trámečků: 128 g

Teplota [°C]	110	120	130
Pevnost za tepla [MPa]	3,153	2,675	1,591
Pevnost za studena [MPa]	4,539	3,387	2,998
Po 24 hod	4,902	-	-
Po 48 hod	5,969	-	-
Po 72 hod	5,990	-	-
Navlhavost [%]	0,048	-	-

Tab. 3.14 Změřené pevnosti v ohybu



Graf 3.19 Závislost pevnosti v ohybu při teplotě



Graf 3.20 Závislost pevnosti v ohybu při teplotě 110°C

Směs se špatně vstřelovala. Směs byla příliš hustá a lepkavá a ucpávala vstřelovací hlavu, která se musela po 3 vstřelech čistit. Proto se toto složení nehodí pro vstřelování. Tato směs se bude zkoušet vytvrzovat mikrovlnným ohřevem.

Směs č. 7

Složení směsi: Ostřivo – viz. 3.6.1
 Pojivo K2 – 40 g (2 %)
 Voda – 30 ml (1,5 %)

Směs se vstřelovala při vstřelovacím tlaku 4 bary. Doba vytvrzování byla 3 minuty.

hmotnost trámečků: 126 g

Teplota [°C]	110	120
Pevnost za tepla [MPa]	0,000	0,358
Pevnost za studena [MPa]	0,000	0,715

Tab. 3.15 Změřené pevnosti v ohybu

Směs při vyjímání z jaderníku měla velký otěr a drolila se. To bylo způsobeno nedostatkem vody. Další zkoušené směsi budou mít více vody než pojiva.

Směs č. 8

Složení směsi: Ostřivo – viz. 3.6.1

Pojivo K2 – 30 g (1,5 %)

Voda – 40 ml (2 %)

Směs se vstřelovala při vstřelovacím tlaku 4 bary. Doba vytvrzování byla 3 minuty.

hmotnost trámečků: 131 g

Teplota [°C]	120
Pevnost za tepla [MPa]	4,242
Pevnost za studena [MPa]	5,982

Tab. 3.16 Změřené pevnosti v ohybu

Směs se dobře vstřelovala a vytvrzená jádra se dobře vyjímala z jaderníku. Pevnosti v ohybu za tepla jsou hodně vysoké, proto se snížil obsah pojiva v jádrové směsi. Na vstřelovací hlavě se vysrážela voda, proto se snížil i její obsah.

Směs č. 9

Složení směsi: Ostřivo – viz. 3.6.1

Pojivo K2 – 16 g (0,8 %)

Voda – 24 ml (1,2 %)

Směs se vstřelovala při vstřelovacím tlaku 4 bary. Doba vytvrzování byla 3 minuty.

hmotnost trámečků: 130 g

Teplota [°C]	120
Pevnost za tepla [MPa]	0,836
Pevnost za studena [MPa]	1,103
Po 24 hod	0,966

Tab. 3.17 Změřené pevnosti v ohybu

Směs má velmi dobrou tekutost, ale malé pevnosti jak za tepla tak za studena.

Směs č. 10

Složení směsi: Ostřivo – viz. 3.6.1

Pojivo K2 – 20 g (1%)

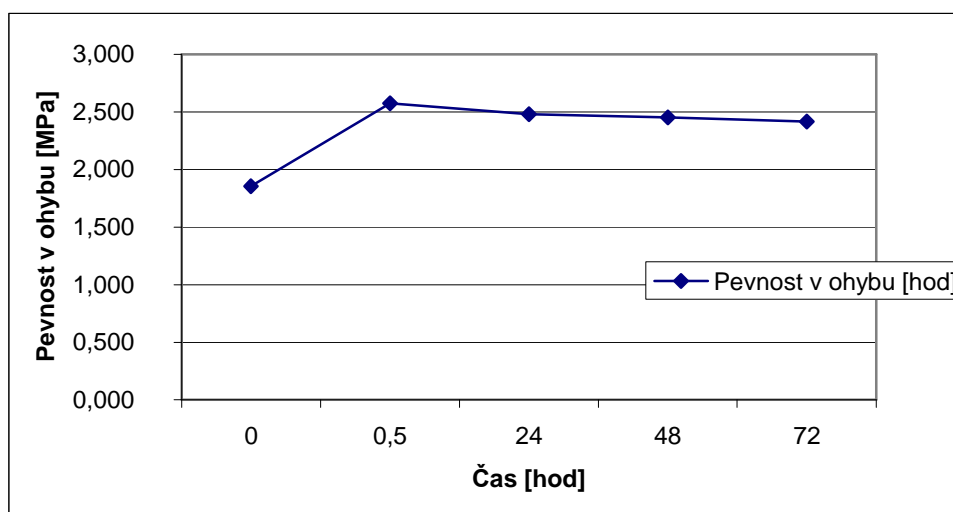
Voda – 24 ml (1,2 %)

Směs se vstřelovala při vstřelovacím tlaku 4 bary. Doba vytvrzování byla 3 minuty.

hmotnost trámečků: 132 g

Teplota [°C]	120
Pevnost za tepla [MPa]	1,855
Pevnost za studena [MPa]	2,575
Po 24 hod	2,481
Po 48 hod	2,453
Po 72 hod	2,417

Tab. 3.18 Změřené pevnosti v ohybu



Graf 3.21 Závislost pevnosti v ohybu při teplotě 120°C

Směs č. 11

Složení směsi: Ostřivo – viz. 3.6.1

Pojivo K2 – 20 g (1%)

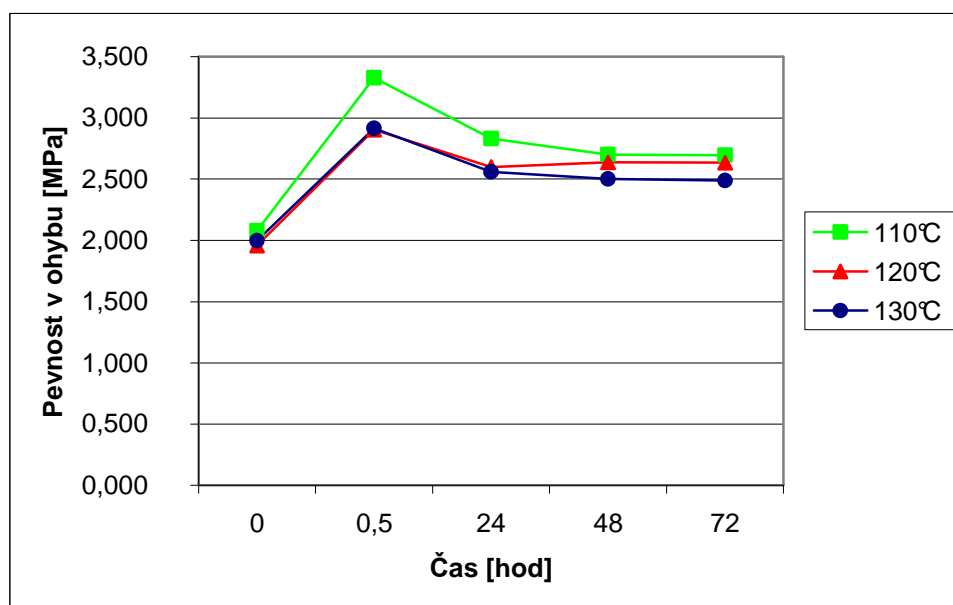
Voda – 28 ml (1,4 %)

Směs se vstřelovala při vstřelovacím tlaku 4 bary. Doba vytvrzování byla 3 minuty.

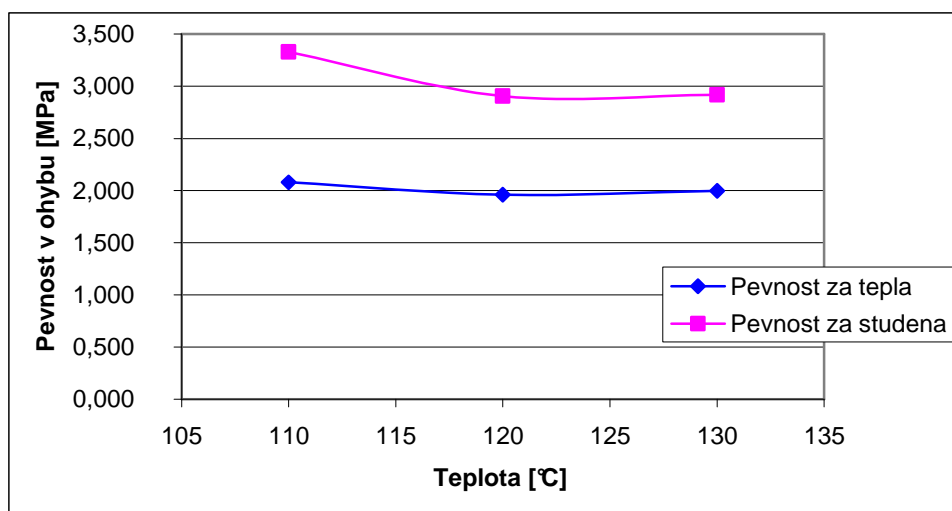
hmotnost trámečků: 133 g

Teplota [°C]	110	120	130
Pevnost za tepla	2,079	1,959	1,998
Pevnost za studena	3,328	2,905	2,917
Po 24 hod	2,832	2,597	2,558
Po 48 hod	2,702	2,636	2,500
Po 72 hod	2,697	2,635	2,489
Navlhavost [%]	0,023	0,023	0,023
Otěr [mm]	3,85	3,9	3,80

Tab. 3.19 Změřené pevnosti v ohybu



Graf 3.22 Průběh pevnosti v ohybu



Graf 3.23 Závislost pevnosti v ohybu na teplotě

Směs č. 12

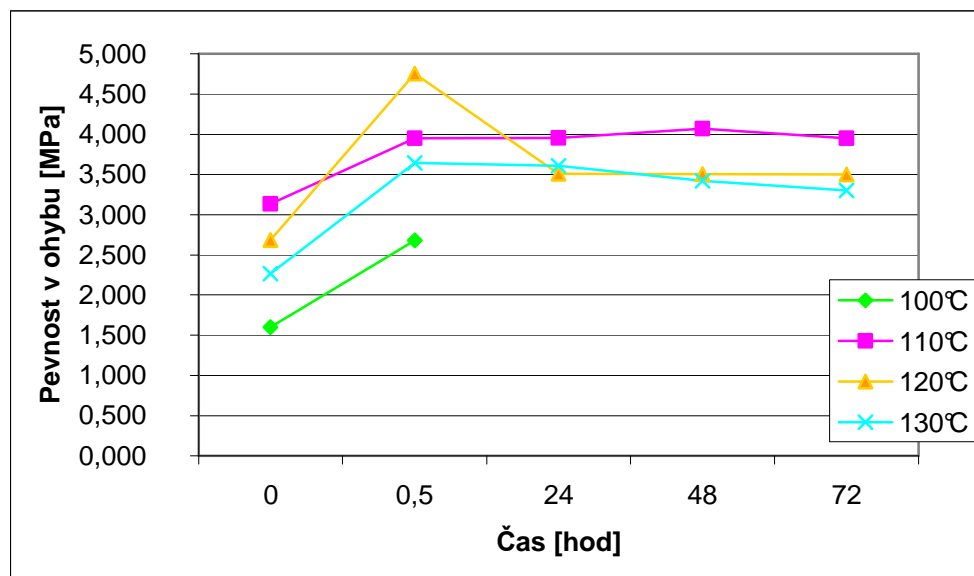
Složení směsi: Ostřivo – viz. 3.6.1
 Pojivo K2 – 24 g (1,2%)
 Voda – 32 ml (1,6 %)

Směs se vstřelovala při vstřelovacím tlaku 4 bary. Doba vytvrzování byla 3 minuty.

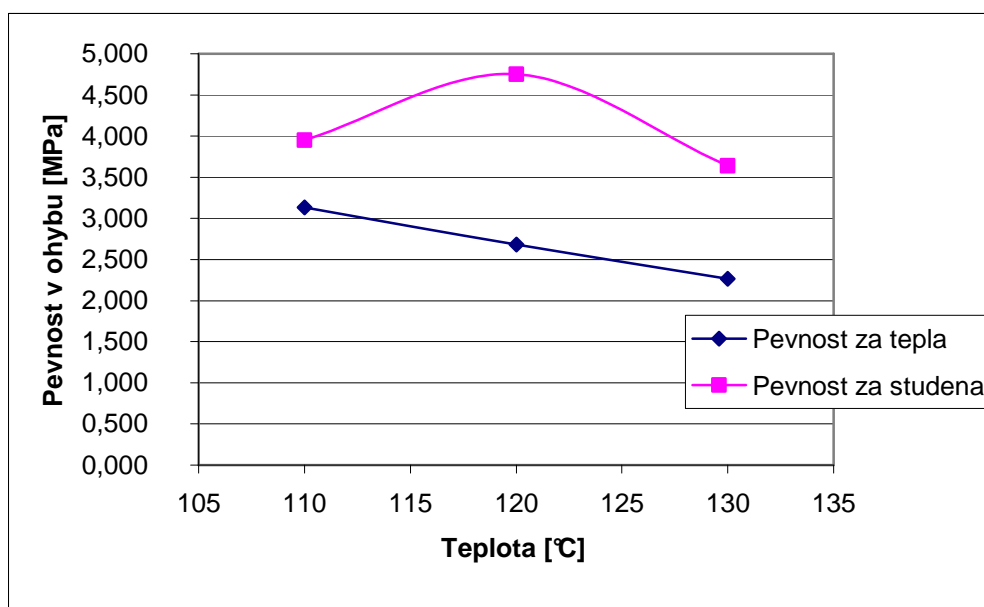
hmotnost trámečků: 133 g

Teplota [°C]	110	120	130
Pevnost za tepla	3,132	2,683	2,267
Pevnost za studena	3,950	4,753	3,640
Po 24 hod	3,954	3,505	3,606
Po 48 hod	4,069	3,503	3,421
Po 72 hod	3,950	3,499	3,300
Navlhavost [%]	0,030	0,042	0,038
Otěr [mm]	3,9	3,7	3,6

Tab. 3.20 Změřené pevnosti v ohybu



Graf 3.24 Průběh pevnosti v ohybu



Graf 3.25 Závislost pevnosti v ohybu na teplotě

3.7.7 Pojivo – Technická želatina

Charakteristika

Technická želatina má světle žlutou barvu. Je dodávána v zrnité konzistenci s nepravidelnou velikostí zrn - drcený (průměr zrn cca 1,5 - 2,5 mm).

Směs č. 13

Složení směsi: Ostřivo – viz. 3.6.1
 Pojivo TZ – 16 g (0,8 %)
 Voda – 24 ml (1,2 %)

Při míchání ostřiva s pojivem vznikaly ve směsi hrudky pojiva. Pojivo bylo velmi husté a neobalilo ostřivo.

U TZ oproti K2 bude zapotřebí použít ve směsi více vody.

Směs č. 14

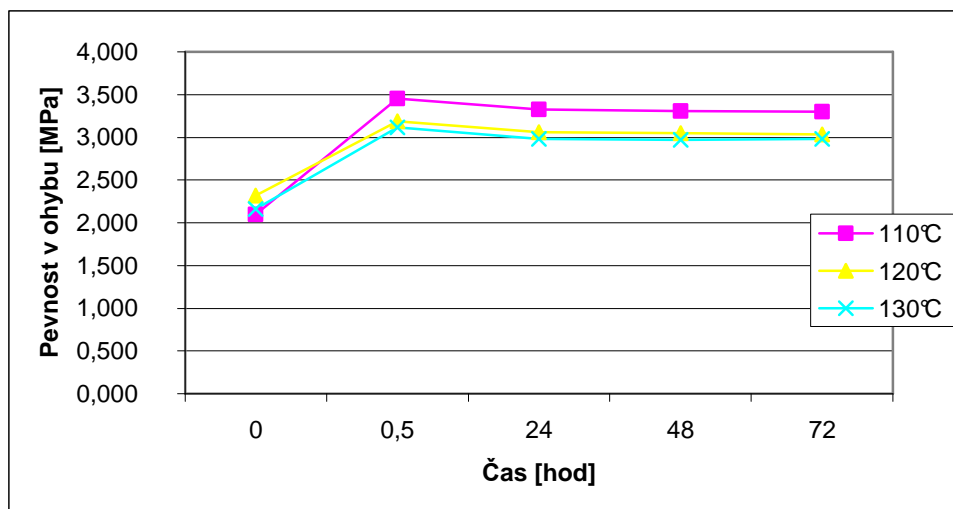
Složení směsi: Ostřivo – viz. 3.6.1
 Pojivo TZ – 16 g (0,8 %)
 Voda – 44 ml (2,2 %)

Směs se vstřelovala při vstřelovacím tlaku 4 bary. Doba vytvrzování byla 3 minuty.

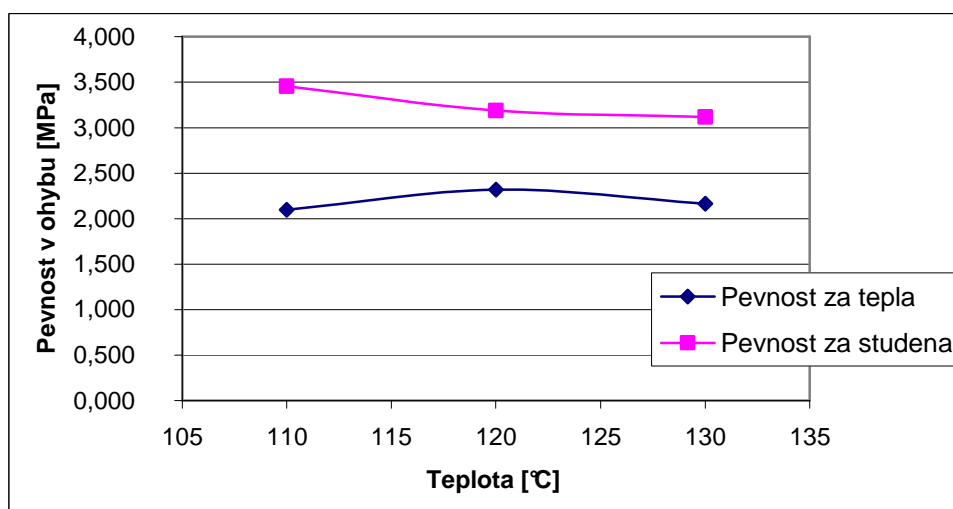
hmotnost trámečků: 136 g

Teplota [°C]	110	120	130
Pevnost za tepla [MPa]	2,097	2,318	2,162
Pevnost za studena [MPa]	3,455	3,189	3,118
Po 24 hod	3,327	3,063	2,985
Po 48 hod	3,310	3,050	2,971
Po 72 hod	3,300	3,034	2,985
Navlhavost [%]	0,030	0,052	0,081
Otěr [mm]	3,8	4,1	3,9

Tab. 3.21 Změřené pevnosti v ohybu



Graf 3.26 Průběh pevnosti v ohybu



Graf 3.27 Závislost pevnosti v ohybu na teplotě

Směs č. 15

Složení směsi: Ostřivo – viz. 3.6.1

Pojivo TZ – 20 g (1 %)

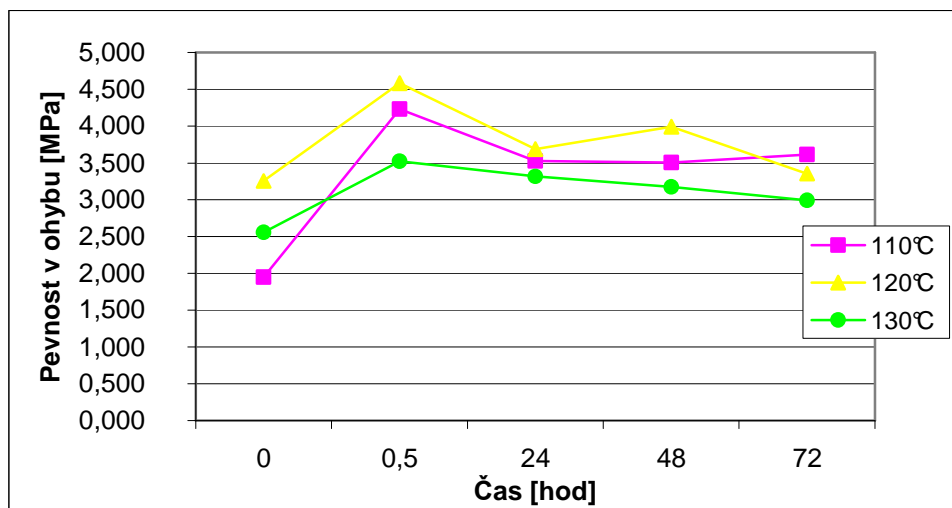
Voda – 48 ml (2,4 %)

Směs se vstřelovala při vstřelovacím tlaku 4 bary. Doba vytvrzování byla 3 minuty.

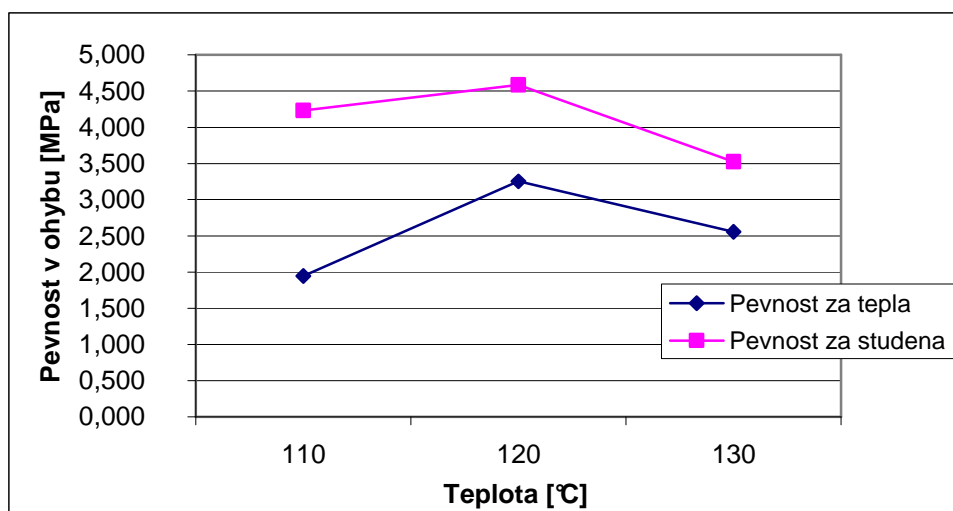
hmotnost trámečků: 136 g

Teplota [°C]	110	120	130
Pevnost za tepla [MPa]	1,948	3,254	2,556
Pevnost za studena [MPa]	4,231	4,584	3,526
Po 24 hod	3,529	3,691	3,317
Po 48 hod	3,505	3,994	3,172
Po 72 hod	3,614	3,355	2,991
Navlhavost [%]	0,014	0,018	0,026
Otěr [mm]	3,8	3,7	3,8

Tab. 3.22 Změřené pevnosti v ohybu



Graf 3.28 Průběh pevnosti v ohybu



Graf 3.29 Závislost pevnosti v ohybu na teplotě

Směs č. 16

Složení směsi: Ostrivo – viz. 3.6.1

Pojivo TZ – 24 g (1,2 %)

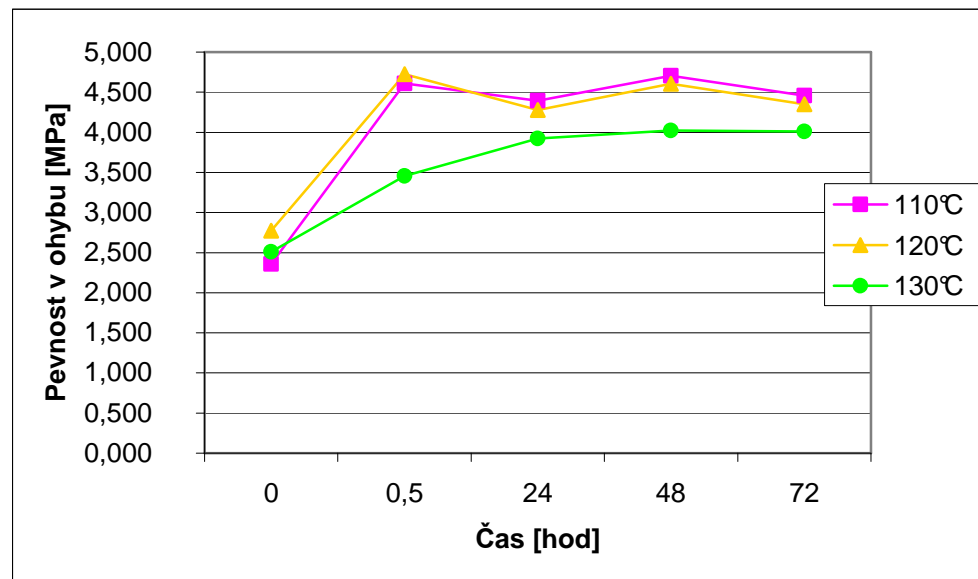
Voda – 52 ml (2,6 %)

Směs se vstřelovala při vstřelovacím tlaku 4 bary. Doba vytvrzování byla 3 minuty.

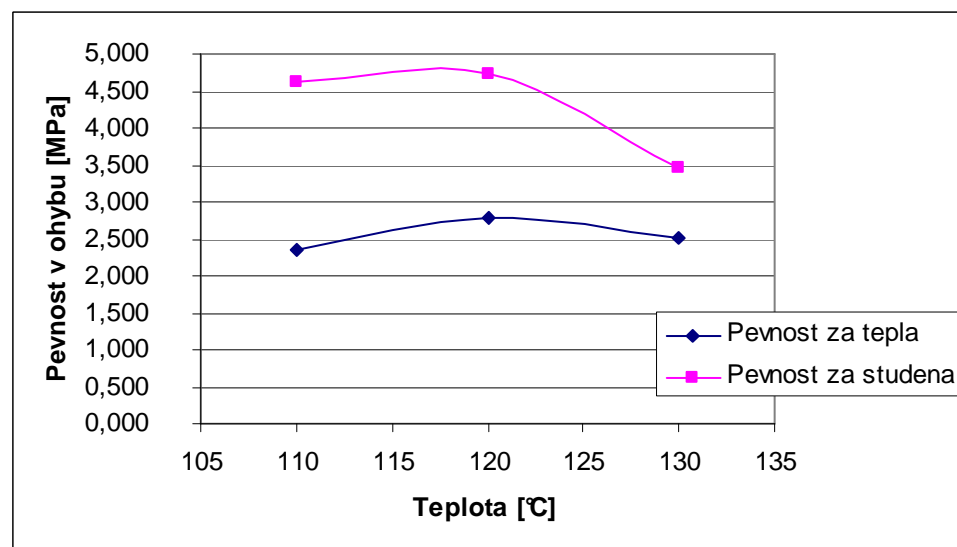
hmotnost trámečků: 133 g

Teplota [°C]	110	120	130
Pevnost za tepla [MPa]	2,357	2,775	2,508
Pevnost za studena [MPa]	4,610	4,726	3,455
Po 24 hod	4,393	4,279	3,921
Po 48 hod	4,703	4,606	4,023
Po 72 hod	4,457	4,349	4,009
Navlhavost [%]	0,029	0,030	0,038
Otěr [mm]	3,6	3,8	3,9

Tab. 3.23 Změřené pevnosti v ohybu



Graf 3.30 Průběh pevnosti v ohybu



Graf 3.31 Závislost pevnosti v ohybu na teplotě

3.7.8 Pojivo – Celulóza

Charakteristika

Celulóza má bílou barvu. Je jemně mletá (podobně jako cement).

Směs č. 17

Složení směsi: Ostřivo – viz. 3.6.1

Pojivo Celulóza – 30 g

Portlandský cement – 30 g

Voda – 82,4 ml (4 % z obsahu směsi)

Směs se vstřelovala při vstřelovacím tlaku 4 bary. Doba vytvrzování byla 3 minuty.

hmotnost trámečků: 133 g

Teplota [°C]	100	110	120
Pevnost za tepla [MPa]	0,000	0,000	0,000
Pevnost za studena [MPa]	0,231	0,510	0,581
Po 24 hod	0,498	0,624	0,723
Po 48 hod	0,511	0,554	0,706
Po 72 hod	0,502	0,532	0,697
Navlhavost [%]	0,015	0,021	0,018
Otěr [mm]	7,6	7,8	7,9

Tab. 3.24 Změřené pevnosti v ohybu

Jádra neměla za tepla žádnou pevnost. Vyndala se z jaderníku a nechala se na dřevěné podložce dotvrdit.

Směs č. 18

Složení směsi: Ostřivo – viz. 3.6.1

Pojivo Celulóza – 30 g

AI cement – 30 g

Voda – 82,4 ml (4 % z obsahu směsi)

Směs se vstřelovala při vstřelovacím tlaku 4 bary. Doba vytvrzování byla 3 minuty.

hmotnost trámečků: 133 g

Teplota [°C]	100	110
Pevnost za tepla [MPa]	0,000	0,000
Pevnost za studena [Mpa]	0,689	0,809
Po 24 hod	0,926	1,222
Po 48 hod	0,914	1,219
Po 72 hod	0,903	1,211
Navlhavost [%]	0,016	0,023
Otěr [mm]	7,7	7,8

Tab. 3.25 Změřené pevnosti v ohybu

Jádra neměla za tepla žádnou pevnost. Vyndala se z jaderníku a nechala se na dřevěné podložce dotvrdit. Pevnosti v ohybu za studena nedosahovaly požadovaných hodnot.

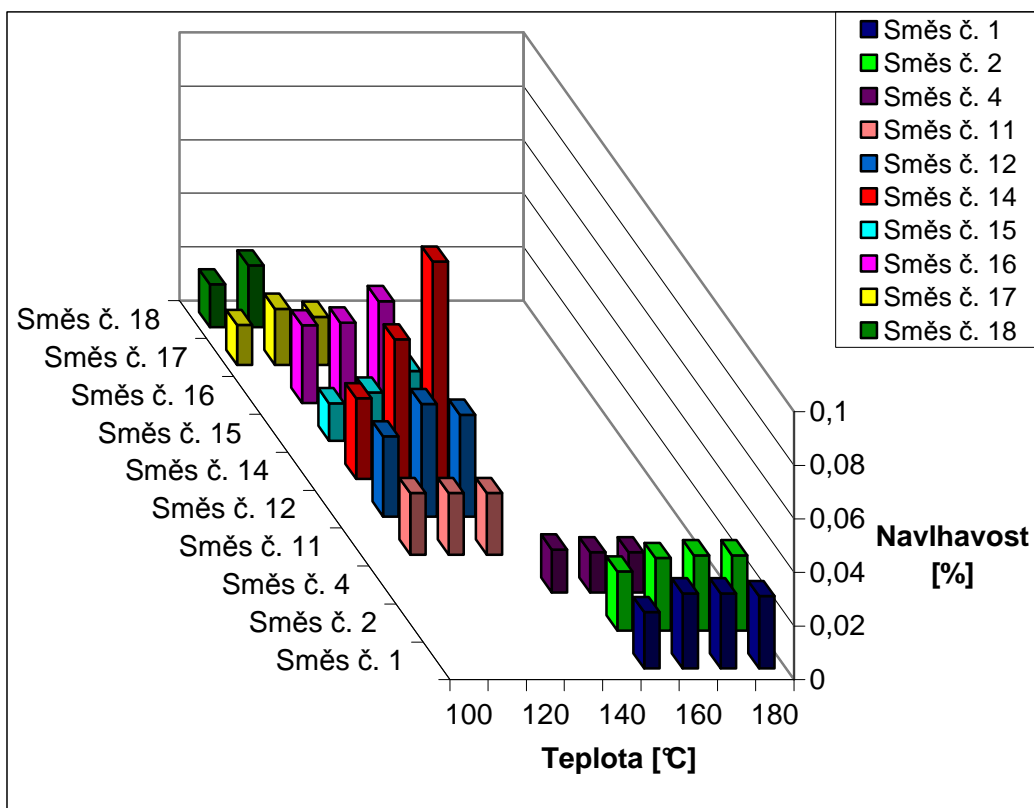
U obou směsí (č. 16 a 17) zůstala vlhká podložka. Jádra měla poměrně velké otřepy. Na povrchu jader byly dutinky. Dutinky měly tvar bublin a byly nejspíše způsobeny špatnou prodyšností směsi. Tyto dutinky mohly snížit pevnosti v ohybu.

3.7.9 Zhodnocení testovaných pojiv

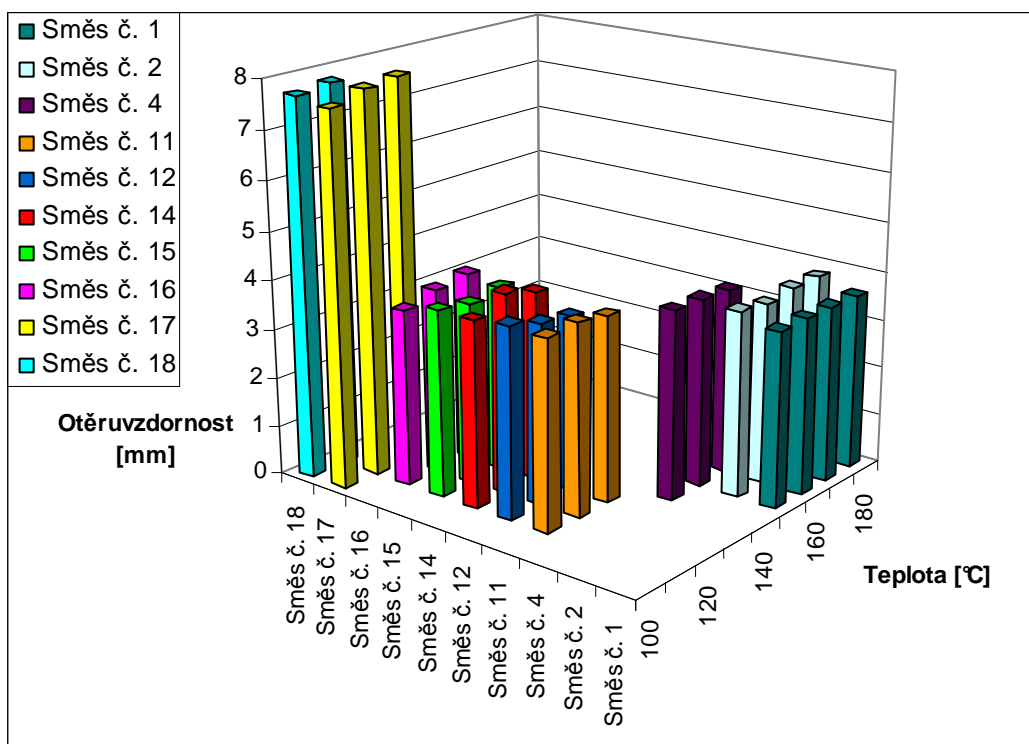
Na navlhavost a otěruvzdornost se zkoušely následující směsi:

Směs č. 1	1,5 % Furesan	1/6 Furedur	
Směs č. 2	1,5 % Kernfix	1/6 Hotfix	
Směs č. 4	1,5 % VS	1,5 % H ₂ O	
Směs č. 11	1 % K2	1,4 % H ₂ O	
Směs č. 12	1,2 % K2	1,6 % H ₂ O	
Směs č. 14	0,8 % TZ	2,2 % H ₂ O	
Směs č. 15	1 % TZ	2,4 % H ₂ O	
Směs č. 16	1,2 % TZ	2,6 % H ₂ O	
Směs č. 17	1,5 % Celulóza	1,5 % Port. cem.	1,6 % H ₂ O
Směs č. 18	1,5 % Celulóza	1,5 % Al-cem.	1,6 % H ₂ O

Tab. 3.26 Seznam složení zkoušených směsí



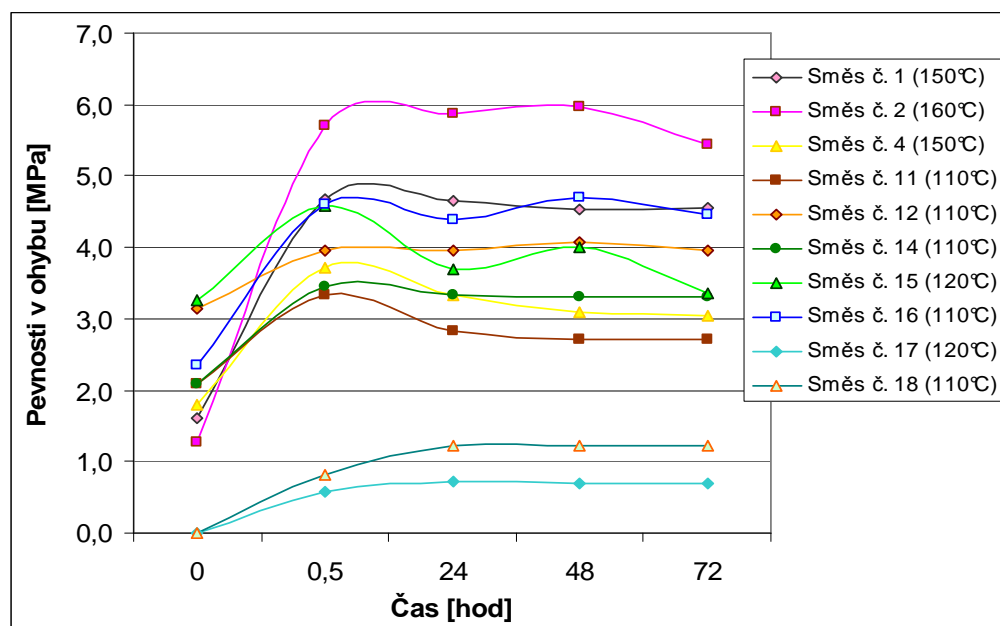
Graf 3.32 Navlhavost směsí v závislosti na teplotách



Graf 3.33 Otěr směsí v závislosti na teplotách

Nejméně navlhavá byla směs č. 4 s pojivem VS práškovým, nejvíce navlhavá byla směs č. 14 obsahující pojivo TZ. Všechny směsi měly zanedbatelnou navlhavost, hodnota navlhavosti byla u všech zkoušených směsí $< 0,1 \%$.

Nejvyšší otěr měly směsi s celulózou. Ostatní směsi měly poloviční hodnotu otěru proti celulóze.



Graf 3.34 Průběh pevnosti v ohybu

Směs č. 12 a č. 15 vykázaly nejlepší pevnosti v ohybu za tepla i za studena. Po 72 hodinách si obě směsi zachovaly vysoké pevnosti a proto by nebyl problém tyto jádra skladovat.

Po změření navlhavosti se trámečky změřily na pevnost v ohybu. Pevnosti se nezměnily, to je způsobeno velmi malou navlhavostí.

3.8 Praktické měření – mikrovlnný ohřev

Připravenou směsí byly ručně upěchovány zkušební trámečky a válečky standardní velikosti pro měření pevnosti v ohybu, navlhavosti a otěru. Trámečky a válečky se vytvrzovaly v mikrovlnné troubě. Příkon mikrovlnné trouby byl nastaven na 350 W, a doba vytvrzování byla 1, 2, 3 a 4 minuty.

Otěrůzdornost je bezrozměrné číslo, vyjadřující odolnost povrchu vůči vniknutí cizích částí nebo ztrátu hmotnosti vlivem tření.

Zkouška otěru na válcích byla provedena na přístroji firmy WADAP. Princip této zkoušky spočívá v otěru zkušebního válečku, který se otáčí na válečcích zkušebního přístroje. Před každým otěrem byl váleček zvážen – hmotnost m , po otáčení taktéž zvážen – hmotnost m_i , počet otáček – i byl zvolen 10 otáček,

20 otáček a 30 otáček, poté byl vypočten hmotnostní rozdíl dle vzorce:

$$otěr = \frac{m - m_i}{m_i} \cdot 100 \text{ v procentech.}$$

3.8.1 Pojivo – Dextrovin

Směs č. 5

Příkon [W]	Doba vytvrzování [min]			
	1	2	3	4
350	0,000	0,000	0,298	0,497

Tab. 3.27 Změřené pevnosti v ohybu

Trámečky byly mokré, nevysušené. Po 2 hodinách byl povrch trámečku vytvrzený, ale prostředek jádra byl stále mokrá. Plocha, na které trámeček ležel byla mokrá, nevytvrzená.

3.8.2 Pojivo – K2

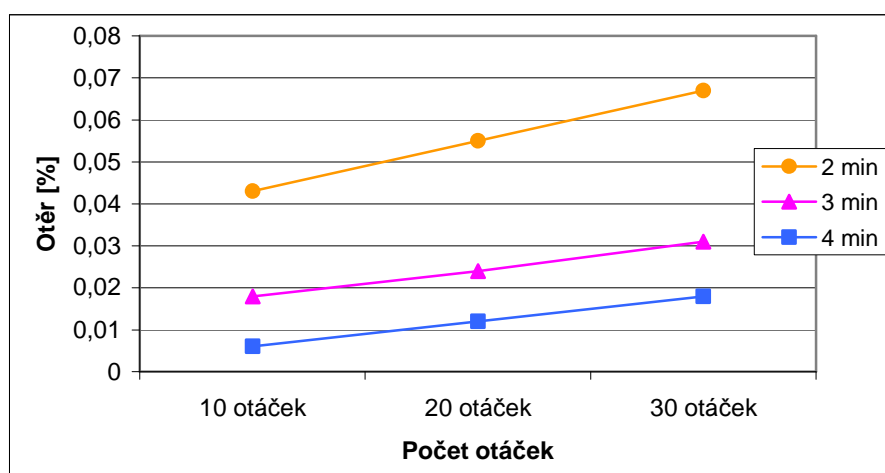
Směs č. 6

Příkon [W]	Doba vytvrzování [min]			
	1	2	3	4
350	0,444	0,744	0,906	1,169

Tab. 3.28 Změřené pevnosti v ohybu

Počet otáček	Doba vytvrzování [min]		
	2 min	3 min	4 min
10	0,043	0,018	0,006
20	0,055	0,024	0,012
30	0,067	0,031	0,018

Tab. 3.29 Otěr [%]



Graf 3.35 Otěr směsi v závislosti na počtu otáček

3.8.3 Pojivo – TZ

Směs č. 19

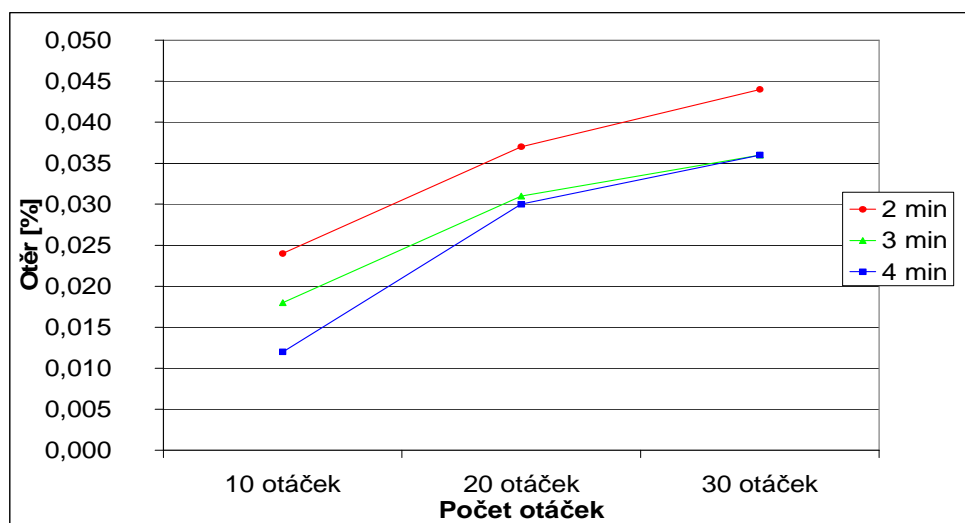
Složení směsi: Ostřívo – viz. 3.6.1
 Pojivo TZ – 40 g (2 %)
 Voda – 60 ml (3 %)

Příkon [W]	Doba vytvrzování [min]			
	1	2	3	4
350	0,104	0,431	0,525	0,967

Tab. 3.30 Změřené pevnosti v ohybu

Počet otáček	Doba vytvrzování [min]		
	2 min	3 min	4 min
10	0,024	0,018	0,012
20	0,037	0,031	0,030
30	0,044	0,036	0,036

Tab. 3.31 Otěr [%]



Graf 3.36 Otěr směsi v závislosti na počtu otáček

3.8.4 Pojivo – Celulóza

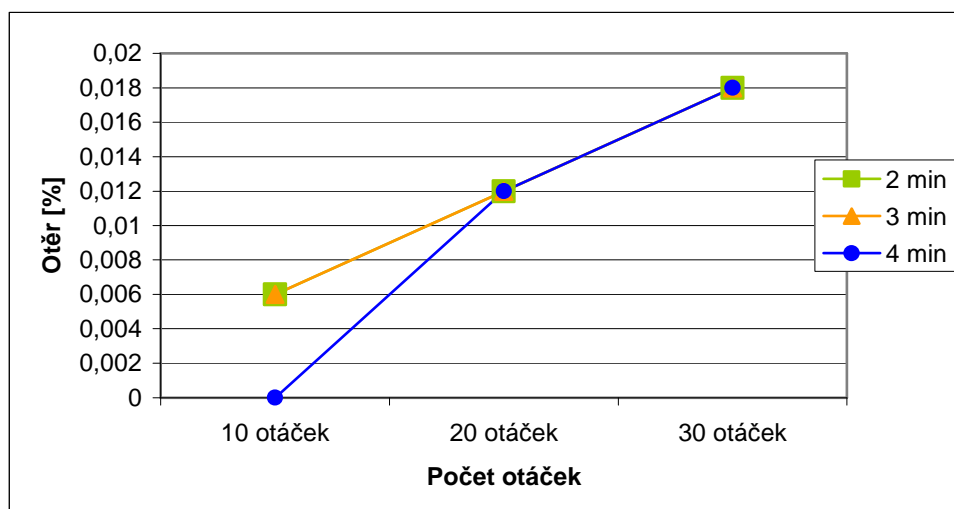
Směs č. 17

Příkon [W]	Doba vytvrzování [min]			
	1	2	3	4
350	0,101	0,108	0,210	0,220

Tab. 3.32 Změřené pevnosti v ohybu

Počet otáček	Doba vytvrzování [min]		
	2 min	3 min	4 min
10	0,006	0,006	0,000
20	0,012	0,012	0,012
30	0,018	0,018	0,018

Tab. 3.33 Otěr [%]



Graf 3.37 Otěr směsi v závislosti na počtu otáček

Trámečky byly mokré. Podložka pod trámečkem byla vlhká.

3.8.5 Zhodnocení testovaných pojiv

Zkoušené směsi měly malé pevnosti v ohybu za studena. Dextrovin není vhodný pro vytvrzování mikrovlnným ohřevem. Trámečky zůstaly mokré. Toto pojivo by mohlo být vhodné vytvrzovat sušením. Celulóza měla pevnosti v ohybu $< 0,25$ MPa, projevovala se podobně jako Dextrovin. Pojiva K2 a TZ měla nárůst pevnosti v závislosti na době vytvrzování. Nízké pevnosti byly způsobeny větším množstvím vody obsažené ve směsi, která se mikrovlnným ohřevem nestihla vypařit.

Směsi měly velmi malý otěr, téměř zanedbatelný.

4 ZÁVĚR

V současné době se pro slévárenský průmysl zpříšňují limitní hodnoty a požadavky na ukládání odpadů na skládky. Formovací a jádrové směsi musí vyhovět nejen svými vlastnostmi, cenou a dostupností, ale také zdravotní nezávadností a regenerovatelností.

Testované fenolické pryskyřice se vytvrzují za tepla (dehydratací), kdy dochází k chemické reakci mezi kyselinou (tvrdidlem) a pryskyřicí. Při vytvrzování vzniká nepříjemný dráždivý zápach, který zneprůjemňuje pracovní prostředí.

Odkoušené tekuté vodní sklo mělo za studena velmi vysoké pevnosti. Nevýhodou je pozdní nárůst pevnosti, přibližně až za 6 minut. Připravená směs se musí chránit před vysycháním.

Hlavní nevýhodou práškového vodního skla je jeho manipulace, kdy může dojít k prášení pojiva a tím k jeho ztrátám. Tento prach dráždí sliznice. Mezi další nevýhody patří poměrně dlouhá příprava směsi, kdy je nutné mísit ostřívo s práškovým vodním sklem 30 minut. Je také nutné nanášet na stěny jaderníku separační prostředek, který zabrání lepení směsi.

Testovaná proteinová pojiva K2 a TZ jsou zdravotně nezávadná. Výhodou je možnost neomezené doby skladování a jednoduché oživení směsi pouhým zvlhčením. Nevyžadují žádná organická rozpouštědla ani jiné chemikálie, protože rozpouštědlem je voda. Vytvrzování probíhá dehydratací, nedochází k žádné chemické reakci.

Nespotřebovanou směs lze po vysušení znovu použít. Obalované směsi mají neomezenou dobu uskladnění. Příprava obalované směsi je poměrně náročná, jak časově (dlouhá doba přípravy pojiva) tak i energeticky (sušení směsi).

1 kg pryskyřice Furesan 8157 stojí 90,- Kč, 1 kg TZ speciál 89,- Kč, 1 kg K2 65,- Kč. TZ a pryskyřice jsou cenově srovnatelné. Pojivo K2 má cenu nižší o 30 %. Tyto tři pojiva se míchají v podobném dávkování (1,2-1,5 %).

Mikrovlnné vytvrzování se nejeví použitelné, vzhledem k nízkým pevnostem v ohybu.

Směs s celulórou a směs s Dextrovinem není vhodná pro vytvrzování v teplém jaderníku ani mikrovlnným ohřevem. Ani jednou z technologií se nedosáhlo potřebných manipulačních pevností.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] CAREY, P. R. *Sand/Binders/Preparation/&Coremaking*. Foundry, 2004, no. 1, p. 33-42.
- [2] CHRÁST, J. *Slévárenská zařízení*. Brno: Akademické naklad. CERM, 2006. 256 s. ISBN 80-7204-456-7.
- [3] HORÁČEK, M. *Slévárenská technologie I*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1990. 166 s. ISBN 80-214-0217-2.
- [4] POLZIN, H. *Untersuchungen zur Mikrowellen verfestigung von wasserglasgebundenen Gießereiformstoffen*. Giesserei-Praxis, 1999, no. 12, p. 569-581.
- [5] RUSÍN, K. *Slévárenské formovací materiály*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1991. 392 s. ISBN 80-03-00278-8.
- [6] JELÍNEK, P. *Disperzní soustavy slévárenských formovacích směsí (Ostřiva)*. Ostrava: vlastní náklad., 2000. 138 s. ISBN 80-238-6118-2.
- [7] MACHO, C. *Heißhärtende Harze nach dem Warm- und Hot-Box-Verfahren- Anforderungen des Marktes und aktuelle Entwicklungen der Fa. Furtenbach GmbH*. Giesserei-Rundschau, 2007, 54. Jahrgang, no. 1/2, p. 2-11.
- [8] ADAM, R. *Heißhärtende Bindemittel- Einsatz- und Anpassungsmöglichkeiten*. Giesserei-Rundschau, 2002, 49. Jahrgang, no. 9/10, p. 146-149.
- [9] ANTOŠ, P. *Vodní sklo – výroba, struktura, vlastnosti a použití*. Ústí nad Labem: SILCHEM, 2002, 135 s. ISBN 80-238-9515-X.
- [10] WOLF, A. *AWB – ein umweltverträgliches Kernherstellverfahren*. Giesserei-Erfahrungsaustausch, 2005, no. 4, p. 28-30.
- [11] JELÍNEK, P. *Pojivové soustavy slévárenských formovacích směsí (Chemie slévárenských pojiv)*. Ostrava: vlastní náklad., 2004. 241 s. ISBN 80-239-2188-6.
- [12] STEINHÄUSER, T. *Postup výroby jader šetrný k životnímu prostředí*. Slévárenství, 2006, roč. 54, č. 1, s. 10-13.
- [13] JELÍNEK, P. *Pojiva pro termickou konverzi sol-gel na bázi alkalických silikátů*. Slévárenství, 2006, roč. 54, č. 1, s. 14-18.
- [14] CUPÁK, P. *Zkušenosti s výrobou a použitím jader s biogenním pojivem*. Slévárenství, 2006, roč. 54, č. 1, s. 19-21.
- [15] KYSILKA, Jiří. Polysacharidy rostlinného původu – Škroby. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.biotox.cz/naturstoff/chemie/ch-sach-poly.html>>, dne 26.3.2008

- [16] *Bezpečnostní list – Dextrinová a škrobová lepidla.* BŠ FACTORY s.r.o. Česká republika. Leden 2006. 634 80 646.
- [17] *Bezpečnostní list – Živočišný kliš.* TANEX Vladislav, a. s. Česká republika. Říjen 1999. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.tanex.cz>>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
WB		Warm box
HB		Hot box
LLG		Litina s lupínkovým grafitem
LKG		Litina s kuličkovým grafitem
TZ		Technická želatina
K2		Kostní klíž
VS		Vodní sklo
\underline{m}		modul vodního skla
m	kg	hmotnost
V	m^3	objem
ρ	$kg.m^3$	hustota
ŠH		ostřivo Šajdиковé Humence

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Bezpečnostní list – Živočišný kliš
Příloha 2 Bezpečnostní list – Dextrinová a škrobová lepidla

BEZPEČNOSTNÍ LIST
(dle zákona č.356/2003Sb. a Vyhlášky č.231/2004 Sb.)

Datum vydání: 12.6.2000

Str.1 ze 4

Datum revize: 12.1.2006

Název výrobku: DEXTRINOVÁ A ŠKROBOVÁ LEPIDLA

1. IDENTIFIKACE LÁTKY / PŘÍPRAVKU A VÝROBCE A DOVOZCE

1.1. Chemický název látky / obchodní název přípravku

Název: DEXTRINOVÁ A ŠKROBOVÁ LEPIDLA

Další názvy látky: DEXTROVIN – škrobový hydrolyzát změkčený dusičnanem sodným

1.2. Použití látky / přípravku

Lepidlo pro slévárny.

1.3. Identifikace výrobce / dovozce

Jméno nebo obchodní jméno : BŠ FACTORY s.r.o.

Místo podnikání nebo sídlo : Slovanská 1075, 684 01, Slavkov u Brna

Identifikační číslo: 634 80 646

Telefon : 544221050

Fax : 544221050

1.4. Telefonní číslo pro mimořádné situace : 544221048

Toxikologické informační středisko, Na bojišti 1, 128 08 Praha 2, CZ

2. INFORMACE O SLOŽENÍ LÁTKY / PŘÍPRAVKU

2.1. Obecný popis přípravku

Dextrinový roztok změkčený dusičnanem sodným.

2.2. Přípravek obsahuje nebezpečné složky

Název složky	Obsah v %	Číslo ES	Číslo CAS	Klasifikace R-věty	Symbole
Dusičnan sodný	Min.98%	231-554-3	7631-99-4	R 8-22-36/37/38	O,Xn,Xi

3. ÚDAJE O NEBEZPEČNOSTI LÁTKY NEBO PŘÍPRAVKU

3.1. Celková klasifikace látky / přípravku

Lepidlo není toxické ani žíravé

Nejzávažnější účinky na zdraví

- informace nejsou zjištěny

3.2. Nebezpečné účinky na životní prostředí

-ve vodném roztoku zvýšené BSK5 a CHSK

3.3. Další možná rizika

- nejsou

Dextrin je látka nejčastěji používaná pro výrobu lepidel, pojiv, aditivum pro potraviny a krmné směsi, šlichtování textilu.

BEZPEČNOSTNÍ LIST
(dle zákona č.356/2003Sb. a Vyhlášky č.231/2004 Sb.)

Datum vydání: 12.6.2000

Str.2 ze 4

Datum revize: 12.1.2006

Název výrobku: DEXTRINOVÁ A ŠKROBOVÁ LEPIDLA

4. POKYNY PRO PRVNÍ POMOC

Při práci je nutno dodržovat základní hygienické návyky.

Při nadýchání: ---

Při styku s kůží: opláchnout místo tekoucí vodou

Při zasažení očí: okamžitě provádět výplach vodou

Při požití: Provedeme ihned výplach ústní dutiny vodou.

Nutné prostředky k zabezpečení okamžitého ošetření, které by měly být na pracovišti:

tekoucí voda

Nutnost následné lékařské pomoci po poskytnutí první pomoci: není nutná

5. OPATŘENÍ PRO HASEBNÍ ZÁSAH

Vhodná hasiva: všechna s vodou

Nevhodná hasiva: žádná

Zvláštní nebezpečí: spálením vznikají plyny CO/CO₂

Zvláštní ochranné pomůcky: ochrana dýchání

Další údaje: při hašení vodou-nebezpečí uklouznutí

6. OPATŘENÍ V PŘÍPADĚ NÁHLÉHO ÚNÍKU LÁTKY / PŘÍPRAVKU

Preventivní opatření pro ochranu osob: Osobní ochranné pomůcky. Zajištění dostatečného provětrání.

Preventivní opatření pro ochranu životního prostředí: Neuvedeno

Čistící metody: posbírané lepidlo na řízenou skládku, potřísněné místo opláchnout vodou

Další údaje: nejsou

7. POKYNY PRO ZACHÁZENÍ S LÁTKOU / PŘÍPRAVKEM A SKLADOVÁNÍ LÁTKY / PŘÍPRAVKU

S24 – Zamezit styku s kůží – pracovní rukavice

S25 – Zamezit styku s očima

S28 – Při styku s kůží a stříknutí do očí opláchnout pořádně vodou

8. OMEZOVÁNÍ EXPOZICE LÁTKOU / PŘÍPRAVKEM A OCHRANA OSOB :

8.1. Technická opatření: žádná

8.2. Kontrola parametrů: žádné

8.3. Osobní ochranné pomůcky: pracovní rukavice

8.4. Další údaje: při práci nejíst a nepít

BEZPEČNOSTNÍ LIST
(dle zákona č.356/2003Sb. a Vyhlášky č.231/2004 Sb.)

Datum vydání: 12.6.2000

Str.3 ze 4

Datum revize: 12.1.2006

Název výrobku: DEXTRINOVÁ A ŠKROBOVÁ LEPIDLA

9. INFORMACE O FYZIKÁLNÍCH A CHEMICKÝCH VLASTNOSTECH LÁTKY / PŘÍPRAVKU

Skupenství při 20 °C:	sirupovitý roztok
Sušina:	nejméně 60%
Zápach:	charakteristický dextrinový
Hodnota pH:	6,0 - 7,5
Barva:	nažloutlá, bílá
Teplota varu:	100 °C
Teplota tání:	30 °C
Teplota vzplanutí:	informace nejsou k dispozici
Hořlavost:	nehořlavý
Samozápalnost:	informace nejsou k dispozici
Meze výbušnosti:	informace nejsou k dispozici
Rozpustnost ve vodě:	100%
Další údaje:	---

10. INFORMACE O STABILITĚ A REAKTIVITĚ LÁTKY / PŘÍPRAVKU

Podmínky, za kterých je výrobek stabilní: normální pracovní prostředí

Podmínky, kterých je nutno se vyvarovat:: ---

Nebezpečné rozpadné podmínky: nejsou

11. INFORMACE O TOXIKOLOGICKÝCH VLASTNOSTECH LÁTKY / PŘÍPRAVKU

Akutní toxicita: není známa, neočekává se.

- LD ₅₀ , orálně, potkan :	neuveдено
- LD ₅₀ , dermálně, potkan nebo králík:	neuveдено
- LC ₅₀ , inhalačně, potkan, pro aerosoly nebo částice:	neaktuální
- LC ₅₀ , inhalačně, potkan, pro plyny a pro páry:	neaktuální
- Subchronická – chronická toxicita:	žádná
- Karcinogenita:	neočekává se
- Mutagenita:	neočekává se
- Toxicita pro reprodukci:	neočekává se
- Zkušeniosti člověka:	nezávadný
- Provedeni zkoušek na zvířatech:	žádné
- Další údaje:	žádné

12. EKOLOGICKÉ INFORMACE O LÁTCE / PŘÍPRAVKU

Akutní toxicita pro vodní organismy: neočekává se

- LC₅₀, 96 hod., ryby (mg/kg) : nestanoveno
- EC₅₀, 48 hod, dafnie (mg/kg) : nestanoven
- IC₅₀, 72 hod., řasy (mg/kg) : nestanoven
- Rozložitelnost: biologická rozložitelnost je 100%
- Toxicita pro ostatní prostředí: není známa
- Další údaje: nejsou
- CHSK 1080 mg O₂/g
- BSK5 580 mg O₂/g
- Další údaje: ---

BEZPEČNOSTNÍ LIST
(dle zákona č.356/2003Sb. a Vyhlášky č.231/2004 Sb.)

Datum vydání: 12.6.2000

Str.4 ze 4

Datum revize: 12.1.2006

Název výrobku: DEXTRINOVÁ A ŠKROBOVÁ LEPIDLA

13. INFORMACE O ZNEŠKODNĚNÍ

Způsoby zneškodnění přípravku – zpětné přepracování u výrobce lepidel nebo odvoz na řízenou skládku.

Způsob zneškodnění obalu – železné sudy – kovošrot
PE obaly – sběrné místo

14. INFORMACE PRO PŘEPRAVU PŘEPRAVĚ

Pozemní přeprava: výrobek nelze zařadit, nemá znaky pro zařazení do systému

Vnitrozemská vodní přeprava: nepředpokládá se

Námořní doprava: nepředpokládá se

Letecká přeprava: nepředpokládá se

Poznámky a další údaje: zboží není nebezpečné

15. INFORMACE O PRÁVNÍCH PŘEDPÍSECH

Právní předpisy, které se vztahují na látku/přípravek:

Kromě zákona. 356/2003 Sb. a předpisy souvisejícími nejsou známy

16. DALŠÍ INFORMACE

Právní předpisy, které se vztahují na látku/přípravek: zákon č. 157/98 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích a prováděcí předpisy k tomuto zákonu se **nevztahují** na výrobky ze škrobů a jeho derivátů, které neobsahují více než 2% nebezpečných látek. Do této skupiny jsou zařazena dextrinová a škrobová lepidla.