



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

REŠERŠE V OBLASTI VSTŘELOVACÍCH STROJŮ PRO VÝROBU JADER

SEARCH IN FIELD OF CORE SHOOTER MACHINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Jiří Klíma

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. František Bradáč, Ph.D.

BRNO 2013

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 3
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

ABSTRAKT

Práce se zabývá konstrukcí a technologií výroby jader na vstřelovacích strojích. Jsou zde zpracovány základní charakteristiky strojů a přehled světových výrobců. Stroje jsou porovnány z hlediska uspořádání a použitého příslušenství. Pro kompletnost se práce zaměřuje na jednotlivé technologie výroby jader, přípravu surovin a automatizaci pracovišť. Závěr práce zhodnocuje současný stav a přináší pohled na budoucí vývoj v této oblasti.

Klíčová slova

Vstřelovací stroj, výroba jader, pojivový systém, jádrová směs

ABSTRACT

This thesis deals with construction and technology of core shooter machines. Thesis contains basic characteristics of machines and overview of world manufacturers. The machines are compared in terms of arrangement and used equipment. For completeness, there is focus on single core production technology, preparation of raw materials and manufacturing automation. In conclusion there is assessment of the current situation and view on future developments in this area.

Keywords

Core shooter machine, core production, binder system, moulding mixture

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KLÍMA, Jiří. *Rešerše v oblasti vstřelovacích strojů pro výrobu jader*. Brno 2013. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. 36 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. František Bradáč, Ph.D.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 4
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Rešerše v oblasti vstřelovacích strojů pro výrobu jader** vypracoval(a) samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

24.5.2013

Datum

Jiří Klíma

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 5
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Františku Bradáčovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce. Dále také děkuji mému otci Ing. Jiřímu Klímovi za pomoc a podporu při tvorbě této práce.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 6
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

OBSAH

ABSTRAKT	3
PROHLÁŠENÍ.....	4
PODĚKOVÁNÍ	5
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1. Princip vstřelovacího stroje	10
2. Rozdělení vstřelovacích strojů podle objemu vstřelovací komory.....	11
2.1 Stručný přehled světově významných výrobců vstřelovacích strojů:.....	11
2.1.1 Laempe Mössner.....	11
2.1.2 DISA Industries.	12
2.1.3 Frizt Hansberg.....	12
2.1.4 Loramendi S. Coop.	12
2.2 Přehled českých výrobců	12
2.2.1 GIFOS	12
2.2.2 Formservis	12
3. Rozdělení vstřelovacích strojů podle konstrukce a kinematického uspořádání	13
3.1 Jednopolohové vstřelovací stroje.....	13
3.1.1 Stroje pro vertikálně dělené jaderníky	14
3.1.2 Stroje pro horizontálně dělené jaderníky	14
3.1.3 Stroje univerzální.	14
3.2 Vícepolohové vstřelovací stroje.....	14
3.2.1 Karuselové vstřelovací stroje.....	15
3.2.2 Transferové vstřelovací stroje.....	15
3.3 Další stupně vybavenosti vstřelovacích strojů.....	16
3.3.1 Pojezdový stůl.....	16
3.3.2 Pojezdový stůl s vyhazovacím mechanismem.....	16
3.3.2 Pojezdový stůl s vyhazovacím mechanismem a vyjížděcí částí jaderníku.....	16
4. Vstřelovací hlavy a materiály pro výrobu jaderníku.	17
4.1 Typy vstřelovacích hlav	17
4.1.1 Vstřelovací hlavy pro studené procesy vstřelování	17
4.1.2 Vstřelovací hlavy pro teplé procesy vstřelování.....	17
4.2 Volba vstřelovací hlavy	17
4.2.1 Vytvrzovací hlava	18
4.3 Volba materiálů pro jaderníky	18
4.4 Odvzdušnění jaderníků	19

5.	Technologie používané při výrobě jader a typy pojivových systémů	20
5.1	Studené procesy	21
5.2	Teplé procesy.....	21
5.2.1	Hydrobond	21
5.2.2	Beach Box.....	22
5.2.3	GM Bond	22
6.	Rozdělení strojů podle technologie výroby jader	23
6.1	Stroje pro výrobu jader studenými procesy	23
6.1.1	CO ₂	23
6.1.2	Cold Box.....	23
6.1.3	Samotuhnoucí směsi	26
6.2	Stroje pro vytvrzování jader teplem	26
6.2.1	Hot Box.....	26
6.2.2	Warm Box.....	27
6.2.3	Croning	27
7.	Příprava jádrové směsi a způsob dávkování pojiv a ostřiv	28
7.1	Dávkové mísiče jádrové směsi	28
7.2	Průběžné mísiče jádrové směsi	29
7.3	Dávkování ostřiva a pojiva	29
7.4	Regenerace jádrových směsí.....	30
7.5	Typy používaných ostřiv a přísad.....	30
7.5.1	Přísady	31
8.	Automatizace jádrových center	32
8.1	Výroba monobloků jader	32
8.2.1	Key Core.....	33
9.	Závěr.....	34
10.	Seznam použitých zdrojů.....	35
11.	Seznam obrázků.....	36

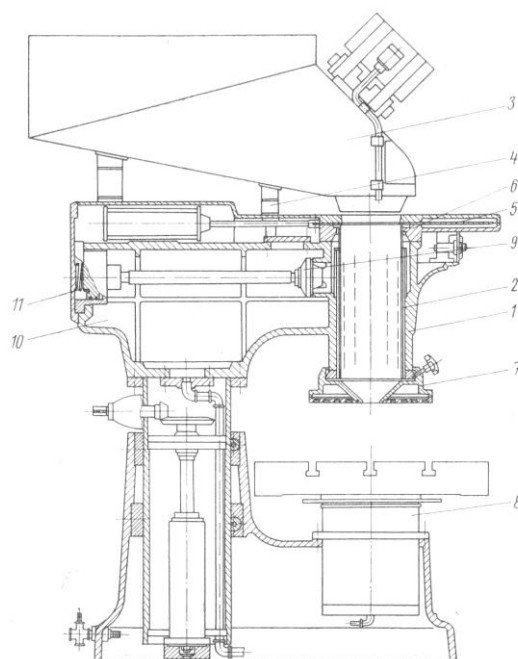
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 9
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

ÚVOD

Vstřelovací stroje jsou v dnešní době nepostradatelnou součástí průmyslové výroby slévárenských jader. Tato jádra se zakládají do forem a tvoří dutiny v odlitcích. Díky těmto zařízením je možné vyrábět tvarově velice složitá a rozměrově přesná jádra s velmi dobrými mechanickými vlastnostmi. Ve výrobě jader na vstřelovacích strojích bylo vyvinuto mnoho technologií, kterými lze vyrábět jádra splňující stále vyšší požadavky na kvalitu odlitků a jejich rychlé čištění. Moderní metody výroby slévárenských jader na vstřelovacích strojích představují zásadně výrobu jader ze směsí tvrdnoucích přímo v jaderníku. Tím je docíleno vysoké produktivity, menší nebo žádné potřeby nátěrů jader, snížení pracnosti v cidírně a vynikající předpoklady pro automatizaci. Všechny tyto výhody vedou ke snížení celkových výrobních nákladů.

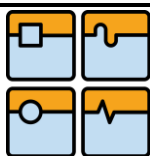
1. PRINCIP VSTŘELOVACÍHO STROJE

První vstřelovací stoj pro výrobu jader byl vyroben a patentován italskou firmou Fritz Hansberg v roce 1949. Začal postupně nahrazovat původní foukací stroje, které se do té doby používaly. Základní charakteristika pro vstřelování jader je prudké plnění jaderníku kompaktní dávkou jádrové směsi, bez jejího promísení se vzduchem. Směs se urychlí ve vstřelovací komoře vlivem prudké expanze stlačeného vzduchu, který působí shora na směs jako pružný píst. Pro snížení tření mezi sloupcem směsi a stěnou vstřelovací komory se vkládá kovová vložka (tzv. koš) opatřená šterbinami. Přiváděný stlačený vzduch do vstřelovací komory je tlačěn skrze šterbiny koše, kde dojde k oddělení směsi od stěn koše mezní vzduchovou vrstvou a tření se tak zmenší na minimum. V důsledku malého tření se dosahuje při vstřelování velkého urychlení směsi a tím i dobrého zaplnění jaderníku. [3, 5]



Obr 1.1 Vstřelovací stroj [3]

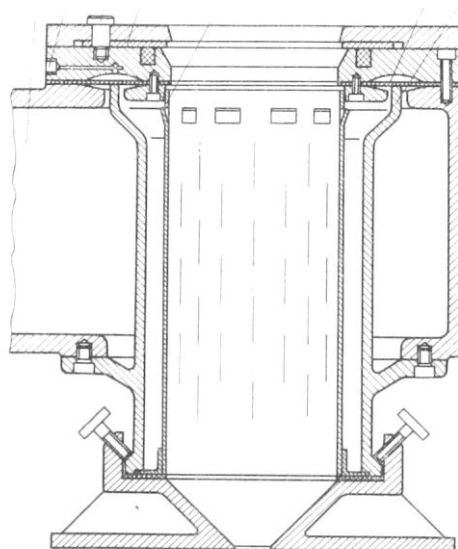
Základem vstřelovacího stroje je vstřelovací komora (1), uvnitř které je vložka opatřená šterbinami (2) pro přívod stlačeného vzduchu. Šířka šterbin je od 0,4 do 0,5 mm a jsou po povrchu vložky rovnoměrně rozmístěny. Ve vrchní části komory jsou potom nahuštěny, kvůli přívodu stlačeného vzduchu. Nad vstřelovací komorou je umístěn vibrační zásobník (3) upevněný silentbloky (4), ze kterého se doplňuje do komory jádrová směs. Po doplnění se komora vzduchotěsně uzavře posuvným plochým šoupátkem (5), které je utěsněno gumovým nafukovacím těsněním (6). Vůle šoupátka ve vedení bývá 0,5 až 1 mm. V dolní části vstřelovací komory je vyměnitelná vstřelovací hlava (7) se vstřelovacím otvorem, který je přizpůsoben tvaru jaderníku. Na spodní části vstřelovací hlavy jsou umístěna odvzdušňovací sítky pro odvzdušňování jaderníku. Jaderník upnutý bočními svěráky se ke vstřelovací hlavě přitlačí stolem stroje (8). Při vstřelování se otevře vstřelovací ventil (9), kterým proudí stlačený vzduch z větrníku (10) do vstřelovací komory. Po vstřelení jádrové směsi do jaderníku se pružinou (11) uzavře vstřelovací ventil a vstřelovací komora se odvzdušní membránovým odvzdušňovacím ventilem. [3]



2. ROZDĚLENÍ VSTŘELOVACÍCH STROJŮ PODLE OBJEMU VSTŘELOVACÍ KOMORY

Základním konstrukčním parametrem vstřelovacího stroje je objem vstřelovací komory. Objem vstřelovací komory se uvádí v litrech. Tento parametr udává kolik litrů formovací směsi je možno nastřelit jedním vstřelem do jaderníku.

Vstřelovací stroje se vyrábí s různými objemy vstřelovací komory podle velikosti a složitosti vyráběných jader. [3, 8]



Obr. 2.1 Vstřelovací komora [3]

Objemové řady: 2,5,3,5,6,12,16,25,40,60,80,100,120,150, 200 a 250 litrů

Použití jednotlivých strojů:

Objem vstřelovací komory	Použití
2,5-25 litrů	Nejrozšířenější stroje používané pro výrobu jader ve slévárnictví
40-100 litrů	Stroje používané zejména v automobilovém průmyslu
120-250 litrů	Stroje pro specializovanou výrobu jader

2.1 Stručný přehled světově významných výrobců vstřelovacích strojů:

2.1.1 Laempe Mössner.

Tato německá firma je největším výrobcem vstřelovacích strojů. Firma se nedávno spojila s další významnou společností Röperwerk a vystupuje pod společným názvem Laempe.

Stroje jsou vyráběny v 5 řadách: L, LE, LL LFB LHL.

Objemy vstřelovacích komor jednotlivých strojů jsou v rozsahu 2,5-200 litrů. [5, 17]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 12
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

2.1.2 DISA Industries.

Mezi dalšího světově významného výrobce patří tato dánská společnost.

Společnost představuje své vstřelovací stroje pod jednotným názvem DISA CORE v řadách MP, TP, LP.

Vstřelovací stroje se vyrábí od objemu vstřelovací komory 10 až 250 litrů. Konstrukce strojů pro větší objemy se pak přizpůsobuje konkrétním požadavkům zákazníka. [5, 19]

2.1.3 Frizt Hansberg

Nejstarší firmou na poli výrobců vstřelovacích strojů je italská firma Frizt Hansberg.

Firma nabízí vstřelovací stroje řady DO, DO/B, DO/BC, DO/BCT, DO/BRT, SF pro teplé i studené procesy s objemy komor 12-180 l. [5, 20]

2.1.4 Loramendi S. Coop.

Poslední světově významnou firmou je španělská společnost Loramendi S. Coop.

Firma má dvě hlavní řady SLC a SVA s objemy 16-130l. [5, 18]

2.2 Přehled českých výrobců

Na českém trhu byla nejvýznamnějším výrobcem firma Škoda se svými stroji AVS. Firma dnes již vstřelovací stroje nevyrábí, ale v modernizované podobě se stále používají.

V současné době se na našem území výrobou nových nebo repasovaných vstřelovacích strojů zabývají dvě firmy: GIFOS a Formservis (ve spolupráci s firmou ELKOSO). [21, 22]

2.2.1 GIFOS

Firma GIFOS se zabývá výrobou nových vstřelovacích strojů vlastní konstrukce a také modernizací starších strojů. Stroje jsou vybaveny moderním elektronickým ovládáním a novým řídicím softwarem. Dále se tato firma zaměřuje na výrobu přídatného zařízení pro vstřelovací stroje. [21]

2.2.2 Formservis

Firma Formservis se ve spolupráci s firmou ELKOSO zaměřuje především na modernizaci starších strojů, které se upravují podle konkrétních požadavků zákazníka. Původní litá konstrukce stroje je ponechána a doplní se o ochrannou kapotáž, automatickou výměnu vstřelovací desky a nové elektronické řízení stroje.[22]



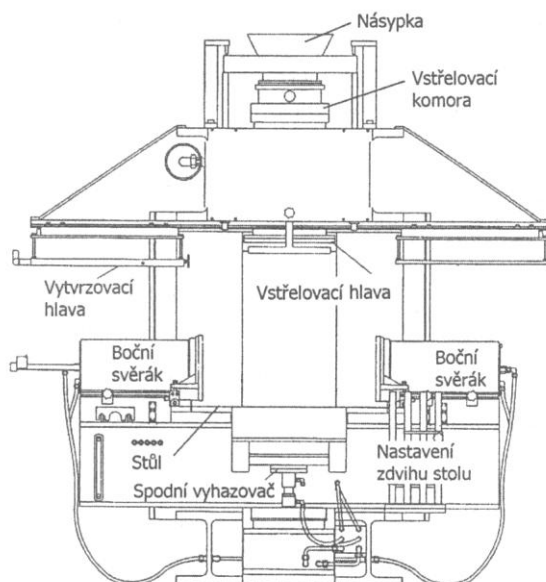
3. ROZDĚLENÍ VSTŘELOVACÍCH STROJŮ PODLE KONSTRUKCE A KINEMATICKÉHO USPOŘÁDÁNÍ

Vstřelovací stroje se dají rozdělit podle počtu poloh pro jaderníky na:

- Jednopolohové vstřelovací stroje
- Vícepolohové vstřelovací stroje

3.1 Jednopolohové vstřelovací stroje

Pro tyto stroje je charakteristické, že všechny operace, tedy vstřelení, vytvrzení a vyjmutí jádra probíhají v jedné pracovní poloze stroje na jednom místě. Doba potřebná pro výrobu jednoho jádra se rovná součtu časů všech pracovních operací. Konstrukce je nejčastěji sloupová pro vstřelovací stroje do objemu vstřelovací komory 25 litrů, nebo čtyřsloupová rámová konstrukce pro vstřelovací stroje nad 25 litrů. [1]



Obr. 3.1 Jednopolohový vstřelovací stroj [2]

Pro uchycení jaderníku jsou vybaveny hydraulickými upínacími svěráky, které vyvinou velkou uzavírací sílu. Upínání jaderníku může být také řešeno vakuově. Pro tento typ vstřelovacích strojů se nejčastěji používají jedno až šestidílné jaderníky podle tvaru a složitosti jádra. Stroje jsou vybaveny vstřelovací deskou, která je součástí vstřelovací hlavy a klade se u ní důraz na možnost rychlé výměny. Deska je upnutá buď mechanicky, nebo vakuově. Díky pevně upnuté vstřelovací desce je možné vstřelovat i dýzami, čímž se zabraňuje vzniku nárůstků na jádrech, které vznikají při vstřelování běžným vstřelovacím otvorem. [2, 6]

Tyto stroje jsou konstruovány pro všechny typy dělení jaderníků a rozdělují se podle polohy dělicí roviny na:

- Stroje pro vertikálně dělené jaderníky,
- Stroje pro horizontálně dělené jaderníky
- Stroje univerzální

3.1.1 Stroje pro vertikálně dělené jaderníky

Mohou se používat jak pro horké, tak i studené procesy. Tyto stroje mohou být vybaveny vylehčovacím trnem pro úsporu formovací směsi a snadnější vyjmutí jádra. Po vstřelení jádra a následném vytvrzení se jaderník ihned rozebere. Jádro zůstává v jedné polovině, která se sklopí o 90°. Při automatizované výrobě je jádro odebráno a přepraveno k další manipulaci. [2, 8]

3.1.2 Stroje pro horizontálně dělené jaderníky

Mají obdobný postup výroby s tím rozdílem, že vytvrzené jádro zůstane ve spodní polovině jaderníku, který se nesklápí. Z této polohy je jádro přepraveno k manipulaci. [8]

3.1.3 Stroje univerzální.

Konstrukce je čtyřsloupová se spodním a horním rámem, přičemž ve spodním rámu je stůl a v horním vstřelovací zařízení. Tyto stroje jsou konstruovány pro vertikálně i horizontálně dělené jaderníky. Pro vertikálně dělené jaderníky jsou stroje vybaveny bočními svěráky, které zajišťují pevné sevření jádra. Při použití pro Cold Box (CB) proces mívají pojízdnou vstřelovací komoru a vytvrzovací hlavu, nebo jen vytvrzovací hlavu. [1, 2]

3.2 Vícepolohové vstřelovací stroje

Vícepolohové stroje ve srovnání s jednopohovými umožňují upnutí více jaderníků naráz podle počtu pracovních poloh. U těchto strojů probíhají ve více jadernících současně různé operace (vstřelování, vytvrzování a vyjmutí jádra). Doba výroby jednoho jádra je na rozdíl od jednopohových vstřelovacích strojů rovna délce nejdelší pracovní operace. Z toho je patrná hlavní výhoda těchto strojů, spočívající ve vysoké produktivitě výroby. Proto se často používají pro sériovou výrobu zejména Hot Box (HB) jader. Vícepolohové vstřelovací stroje se podle potřeby zhotovují v provedení karuselovém nebo transferovém. Tento typ strojů se vyrábí vždy přímo na míru zákazníkovi tak, aby splňoval konkrétní požadavky při výrobě určitého typu jader. [2, 9]

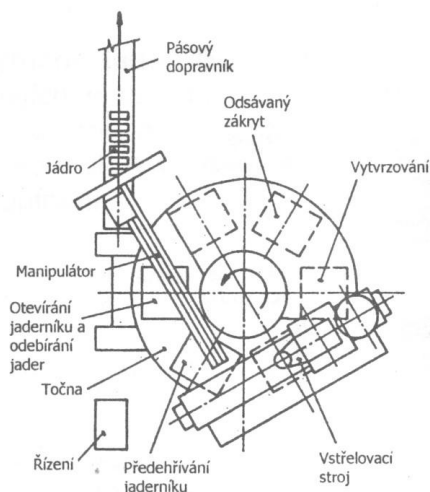


Obr. 3.2 Vícepolohový vstřelovací stroj Laempe [17]



3.2.1 Karuselové vstřelovací stroje

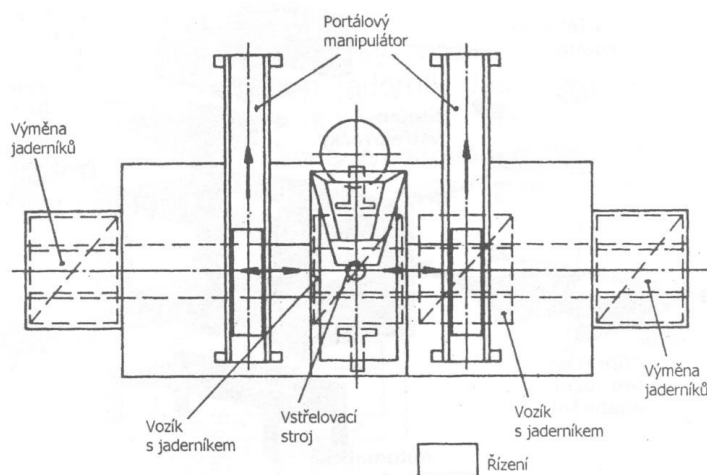
U karuselových strojů jsou jaderníky umístěny na otáčivém nosiči, který je podle počtu pracovních poloh stroje vybaven 3 a více pozicemi pro jaderníky. Nosič může mít horizontální nebo vertikální osu otáčení. Zejména u strojů pro výrobu jader metodou Hot Box bývá z důvodu delší doby potřebné pro vytvrzení jader více pozic pro jaderníky (např. 6-ti polohový karusel). Stroje jsou obdobně jako jednoplošové koncipovány pro vertikálně nebo horizontálně dělené jaderníky. [2, 9]



Obr. 3.3 Šestipolohový karusel [2]

3.2.2 Transferové vstřelovací stroje

Transfery nebo též vstřelovací stroje s přesunem jaderníků se používají hlavně pro výrobu těžkých jader v menších sériích. Přesun jaderníku je přímočarý a zajišťují ho nezávisle jezdící vozíky s vlastním pohonem. Ve středu stroje bývá vstřelovací zařízení s přítlačným stolem a svěráky pro uchycení jaderníku. Po stranách od vstřelovacího zařízení dochází k vytvrzování jader a následně k odebrání vytvrzených jader manipulátorem. Tento koncept tedy umožňuje výrobu velkých a často tvarově složitých jader, která není možno vyrábět na menších strojích.[2]



Obr. 3.4 Transfer pro výrobu těžších jader [2]

3.3 Další stupně vybavenosti vstřelovacích strojů:

3.3.1 Pojezdový stůl

Stůl vyjede z pracovní polohy do polohy rozebírací, jádra vyjme jaderník, rozebere jaderník a vyjme jádro, jaderník očistí tlakovým vzduchem a jaderník opět složí. [16]

3.3.2 Pojezdový stůl s vyhazovacím mechanismem

U horizontálně dělených jaderníků zůstává horní polovina jaderníku pod vstřelovací hlavou a na pojezdovém stole vyjíždí pouze spodní polovina jaderníku, ze kterého je jádro vyjmuto pomocí pneumatických vyhazováků. Odebírání je ruční nebo robotem. [12]

3.3.2 Pojezdový stůl s vyhazovacím mechanismem a vyjížděcí částí jaderníku

U vertikálně dělených jaderníků stůl vyjede do polohy rozebírací, rozevřou se boční svěráky a jádro vyjede na vyjížděcí části jaderníku opatřené trnem, ze kterého je jádro sejmuto mechanicky nebo robotem. [6, 16]



Obr. 3.5 Pojezdový stůl s vyhazovacím mechanismem

4. VSTŘELOVACÍ HLAVY A MATERIÁLY PRO VÝROBU JADERNÍKU.

4.1 Typy vstřelovacích hlav

Typ konstrukčního řešení vstřelovací hlavy vychází ze stanovené technologie, pro kterou bude používána a dělí se na:

- Vstřelovací hlavy pro studené procesy vstřelování
- Vstřelovací hlavy pro teplé procesy vstřelování

4.1.1 Vstřelovací hlavy pro studené procesy vstřelování

Pro studené procesy vstřelování se nejčastěji používají vstřelovací hlavy odlité ze slitiny hliníku (Al) nebo kovové. Kromě odlitých hlav se vyrábí také vstřelovací hlavy svařované. U obou typů mohou být výměnné vstřelovací desky (převážně kovové).

4.1.2 Vstřelovací hlavy pro teplé procesy vstřelování

Pro teplé procesy vstřelování se používají vstřelovací hlavy stejně jak u studených procesů, tedy odlité nebo svařované s výměnnými vstřelovacími deskami.

Zásadní rozdíl v konstrukci vstřelovací hlavy pro teplé procesy od konstrukce pro studené procesy je v tom, že vstřelovací hlava je konstrukčně řešena jako dvouplášťová, aby vnitřní prostor hlavy mohl být chlazen vodou. Chlazení hlavy pro teplé procesy je nezbytná nutnost, aby nemohlo dojít k prohřátí vstřelovací hlavy od vyhřívaného jaderníku a tím k vytvrzení (zamrznutí) vstřelované směsi. [1, 16]

4.2 Volba vstřelovací hlavy

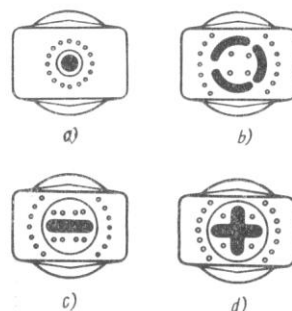
Součástí vstřelovací hlavy je i vstřelovací deska, která je pevně přichycena šrouby nebo jiným způsobem. Pro jeden typ vstřelovací hlavy bývá několik vstřelovacích desek. Vstřelovací deska se mění v závislosti na použitém jaderníku a metodě vstřelování.

Největší vliv na volbu vstřelovací hlavy (a desky) má velikost a tvar jádra. Čím je průřez vstřelovacího otvoru větší tím je větší i upěchování jádra. Protože větší průřez klade směsi při vstřelování menší odpor, je nejvhodnější vstřelovat největším možným průřezem. Vstřelovací otvor se navíc směrem ke vstřelovací komoře rozšiřuje, aby nebránil průchodu směsi.

Velikost vstřelovacího otvoru je ale omezena následujícími faktory:

- a) pevností jádrové směsi za syrova (směs otvorem nesmí propadnout)
- b) tvarem a velikostí otvoru pro plnění jaderníku
- c) nejmenším průřezem jaderníku pod vstřelovacím otvorem

Vstřelovací otvor by neměl mít větší průřez než nejužší průřez jaderníku pod ním. V opačném případě by došlo k nárazu vstřelované směsi na hranu užšího průřezu, vytvoří se vír a jaderník se špatně zaplní. Pokud má navíc směs horší tekutost musí mít vstřelovací hlava pozvolný přechod bočních stěn směrem ke vstřelovacímu otvoru. [1]



Obr. 4.1 Základní tvary vstřelovacích otvorů [3]

4.2.1 Vytvrzovací hlava

U studených procesů je další vybaveností vstřelovacích strojů pojezdový mechanismus, ve kterém se pohybuje vytvrzovací hlava, jejíž součástí jsou výměnné vytvrzovací desky.

Tyto desky jsou řešeny tak aby těsnící guma obsáhla všechny vstřelovací otvory na jaderníku. Mohou být tedy univerzální nebo přímo vyrobené pro konkrétní jaderník.

Vytvrzovací desky mohou být dřevěné nebo plastové. [16]

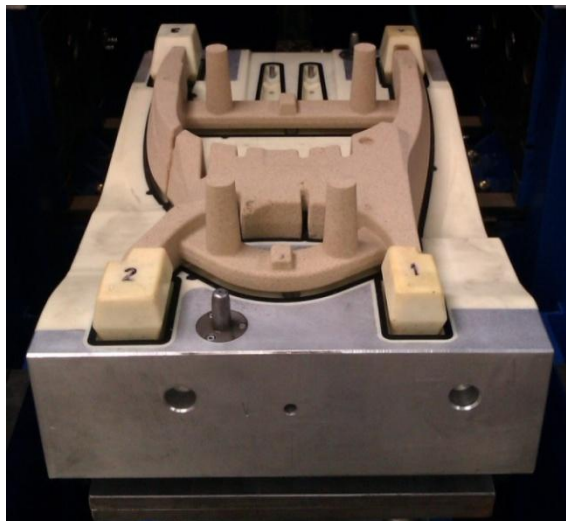
4.3 Volba materiálů pro jaderníky

Volba materiálu jaderníku je závislá na:

- počtu vyráběných jader
- složitosti jádra
- přesnosti požadovaných rozměrů jádra
- technologii výroby jader: Cold Box(CB), Hot Box (HB), Samotuhnoucí směs (ST)

Materiál jaderníku	Životnost	Technologie
Dřevěný	Malé série do 3000ks	CB, ST
Dřevěný s epoxidovou výstelkou	Středně velké série od 3000 do 5000ks	CB, ST
Epoxidový	Od 5000 do 10000ks	CB, ST
Umělé dřevo	Od 10000 do 50000ks	CB, ST
Al jaderníky s epoxidovou výstelkou	Od 50000 do 100000ks	CB, ST
Al jaderníky	Od 50000 do 100000ks	CB, ST, HB
Kovové	100000 až 1000000 ks	CB, ST, HB

Pro jádra do obsahu přibližně 25dm^3 se používají dřevěné jaderníky, nebo jaderníky z umělých hmot. Větší jaderníky, u nichž hrozí roztržení při profouknutí stlačeného vzduchu, se zhotovují kovové. Výroba dřevěných a plastových jaderníků je levnější než výroba kovových. Rozhodujícím faktorem při volbě materiálu jaderníku je množství a složitost vyráběných jader. Pro metodu Hot Box je potom z důvodu vysoké teploty možné použít pouze kovové jaderníky. [1, 16]

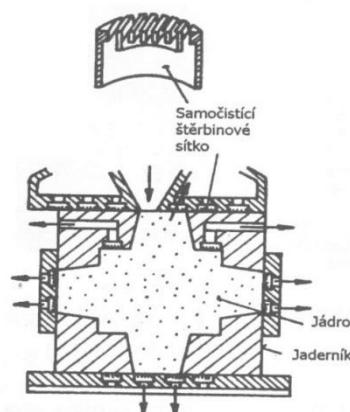


Obr. 4.2 Hliníkový horizontálně dělený jaderník s epoxidovou výstelkou

4.4 Odvzdušnění jaderníků

Velký význam pro zhutnění jádra má správné odvzdušnění jaderníku. U jaderníků pro vstřelování bývá poměr plochy vstřelovacích otvorů k volné ploše odvzdušnění v rozmezí 0,35 až 0,5. Pro odvzdušňování platí:

- Otevřené jaderníky se odvzdušňují vstřelovací hlavou
- Jaderníky otevřené ve dně se pokládají na odvzdušňovací podložky
- V rozšiřujících se místech je potřeba zaoblit hrany, popřípadě přivést odvzdušňovací kanály
- Boční otvory do jaderníku se uzavírají deskami s odvzdušňovacími sítky [1]



Obr. 4.3 Odvzdušňování jaderníků [2]

5. TECHNOLOGIE POUŽÍVANÉ PŘI VÝROBĚ JADER A TYPY POJIVOVÝCH SYSTÉMŮ

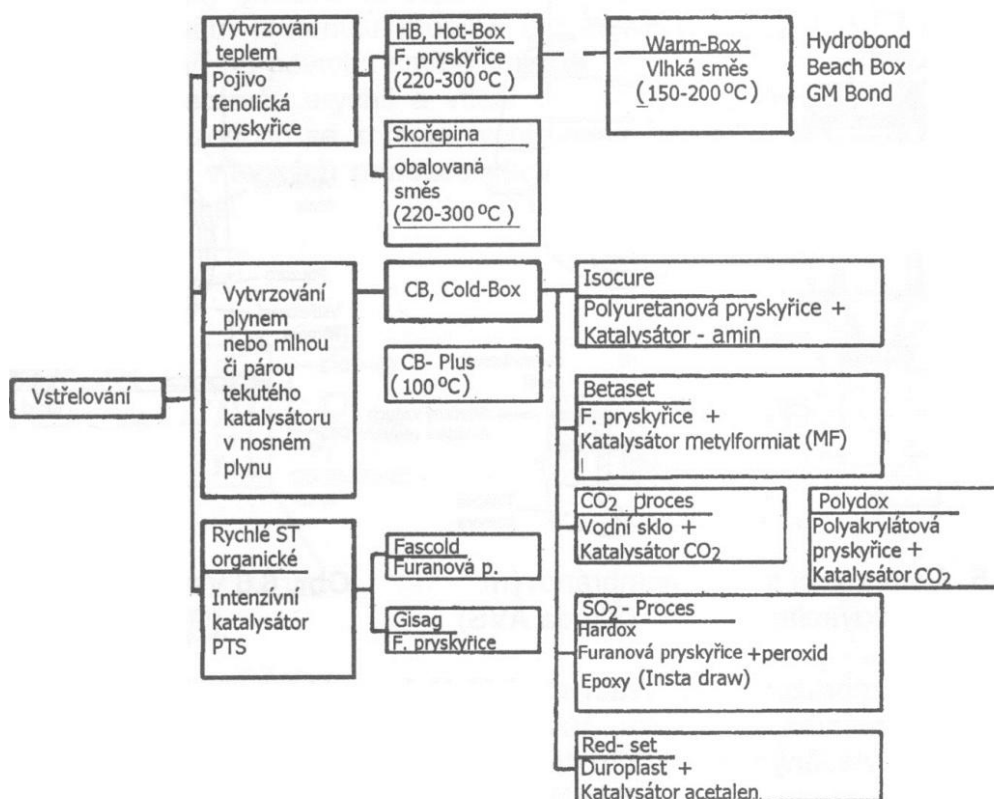
Vývoj dnes používaných metod výroby jader začal v roce 1954 CO₂ procesem, který pro slévárenství objevil dr. Petržela (SVÚM Brno). Bylo tak poprvé možné vytvrzovat jádra bez účinku tepla v jaderníku. Následně se začaly objevovat první teplé procesy:

- Croning,
- Hot Box
- Warm Box

A dále současné studené procesy:

- ST směsi
- Cold Box
- SO₂ proces

Nejrozšířenější metody výroby jader jsou dnes ST směsi a Cold Box technologie. [2]



Obr. 5.1 Přehled jednotlivých technologií [2]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 21
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

5.1 Studené procesy

Nejrozšířenějším procesem při sériové výrobě jader do 100 l je Cold Box proces (CB).

Nejpoužívanějším typem CB procesu je CB s polyuretanovou pryskyřicí, která je vytvrzována terciálními aminy. Tato metoda má výborné výrobní vlastnosti, ale používaný plyn je velmi škodlivý.

Nové pojivové systémy pro CB proces snížily o 40-50% potřebné množství aminových katalyzátorů a emise zápachu. Navíc se zlepšila rozpadavost jader, u kokilového lití se netvoří kondenzát a také se zvýšila využitelnost slévarenských odpadů.

Dále se používá metoda SO₂ s furanovou či epoxy pryskyřicí v automobilním průmyslu a CO₂ s alkalickým rezolem v malosériové výrobě.

Při výrobě velkých jader se nejčastěji používají samotuhnoucí směsi (ST směsi), které se vyrábí stejně jako pro formy, na průběžných mísičích.

Patří sem ST směsi s furanovým pojivem, zejména pro odlitky z LKG (Litina s kuličkovým grafitem). Potom polyuretanové ST směsi, které jsou dvou až tříložkové s vysokou pevností a velmi dobrou rozpadavostí. Dále pak ST směsi s alkalickým fenolickým rezolem a tvrdidlem esterem, s dobrou regenerovatelností (až 85% regenerátu ve směsi). Poslední jsou ST směsi s geopolymerním pojivem. Tyto směsi mají dobrou tekutost, výbornou rozpadavost a vysokou pevnost po vytvrzení. [2, 8]

5.2 Teplé procesy

Pro sériovou výrobu jader malých až středních velikostí se používá metoda horkých jaderníků Hot Box (HB), která používá furanová nebo fenolická pojiva při teplotě jaderníku 220-300°C. Novější metoda teplých jaderníků Warm Box se provozuje při nižší teplotě 120-180°C a mimo nižší spotřeby energie nabízí také lepší životnost a zhutnění a také nižší obsah formaldehydu. Dále se také používají obalované směsi na výrobu skořepinových jader Croning. Tyto směsi se používají zvláště tam, kde je potřeba velké rozměrové přesnosti a čistých vnitřních obrysů. Dále nabízí jakostní povrch bez výronků a krátké vytvrzovací časy. [2, 8]

Nejnovější výrobní metody využívající anorganických minerálních pojivových systémů se začaly uplatňovat až na přelomu 21. století. Tyto metody jsou vytvrzované pomocí Warm Box nebo pomocí horkého vzduchu. Patří mezi ně Hydrobond, Beach Box a GM Bond. [6]

5.2.1 Hydrobond

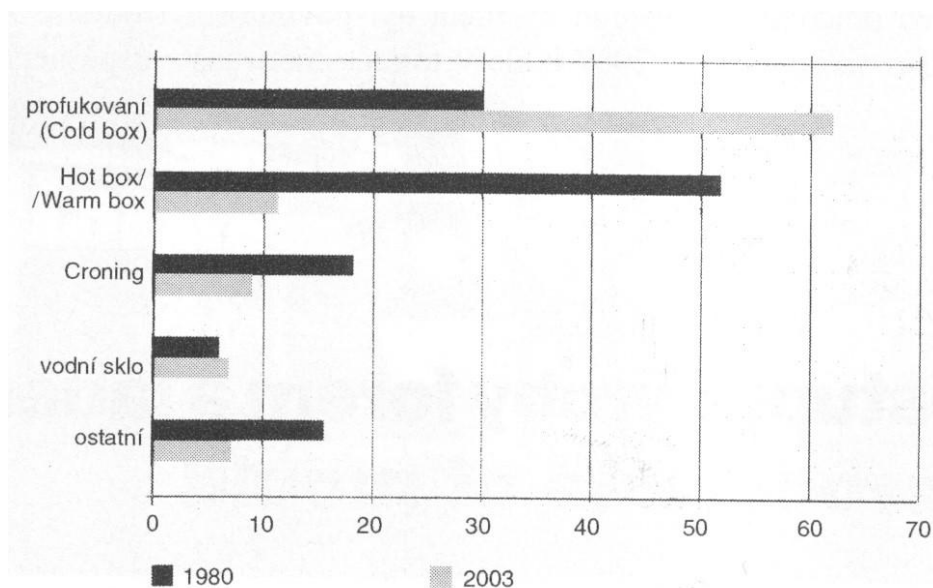
Tento proces byl vyvinut pro neželezné kovy a používá jako pojivový systém polyfosfát sodný. Po vstřelení do jaderníku se vytvrzuje přehřátým vzduchem o teplotě 80°C, který je hnán skrz jaderník. Výhodou tohoto procesu je omezený vývoj plynů při lití, dobrá termolabilita a rozpadavost a v poslední době důležitá nízká ekologická zátěž. [8]

5.2.2 Beach Box

Tato metoda využívá tekuté pojivo, které se skládá ze síranu hořečnatého, vody a speciálních anorganických aditiv. Vstřelovací stroj musí být vybaven hermetizovanou mísicí a vstřelovací jednotkou, aby se směs nevytvářovala předčasně. Jádrová směs předehtává na teplotu 70-100°C se vstřelí do jaderníku z Al nebo litiny s vyšší teplotou kolem 130-140°C a dojde tak k odpaření vody. Pro rychlejší vytvrzování bývá jaderník profukován vzduchem nebo je napojen na vakuum. Výhodou této metody je šetrné mokré odjádrování a úplná regenerovatelnost formovací směsi. [7]

5.2.3 GM Bond

Pro výrobu směsi se používá písek ohřátý na 100°C a práškové pojivo na bázi proteinu s 2% přídatkem vody. Směs se poté vstřelí do jaderníku ohřátého na 130°C a ještě se profoukne horkým vzduchem s teplotou okolo 200°C pro úplné zpevnění. Tato metoda se používá na jádra pro odlitky z AL a LLG (Litina s lupínkovým grafitem). Mezi její výhody patří biologická odbouratelnost pojiva a možnost opětovného použití formovací směsi.[2]



Obr. 5.2 Procentuální podíl technologií pro výrobu jader v západní Evropě v letech 1990 až 2003 [8]

6. ROZDĚLENÍ STROJŮ PODLE TECHNOLOGIE VÝROBY JADER

6.1 Stroje pro výrobu jader studenými procesy

6.1.1 CO₂

Tato technologie využívá vstřelovací směs s obsahem vodního skla, které je po vstřelení vytvrzeno oxidem uhličitým (CO₂). Tato metoda je starší koncepce, ale je u nás velmi rozšířená. Současné modernizované metody CO₂ jako např. AWB využívají modifikované vodní sklo a nabízí mnohem lepší vlastnosti. Výhodou této technologie je jednoduchost a šetrnost k životnímu prostředí. [13]

6.1.2 Cold Box

Metoda výroby jader technologií Cold Box je v dnešní době nejvíce rozšířená a vyrábí se díky ní jádra pro široké spektrum odlitků. Ve směsi se jako pojivo používá dvousložková umělá pryskyřice. Po vstřelení je jádro profouknuto parou tekutého katalyzátoru, díky kterému dojde k rychlému vytvrzení jádra. Katalyzátor musí při vytvrzování procházet celým jádrem od vstřelovacího otvoru až po odvětrávací otvory, kterými uniká. Reakcí katalyzátoru s pryskyřicí vzniká polyuretan. Jako katalyzátor se používá amin, který je velmi jedovatý a se vzduchem tvoří výbušnou směs. Vstřelovací stroje tohoto typu jsou proto vybaveny odsávacím zařízením pro odvod plynu. Odsávaný plyn se odvádí z prostoru vstřelovacího stroje a likviduje se spálením nebo chemickou neutralizací. Výhodou této technologie je velmi krátká doba pro vytvrzení jádra, která zajišťuje velmi vysoký výkon stroje. Jádra mají navíc po odlití velmi dobrou rozpadavost.

Vstřelovací stroje se pro tuto technologii používají nejčastěji jednoplošné.

Nezbytnou součástí vstřelovacích strojů pro metodu Cold Box je zplynovač katalyzátoru a zachycovač plynu. [2, 8]

6.1.2.1 Zplynovač katalyzátoru

Vlastní katalyzátor je v tekutém skupenství a má nízkou teplotu varu (DEA 37°C, TEA 89°C). Pro vytvrzování je však potřeba katalyzátoru v plynném skupenství. Pro přeměnu tohoto tekutého katalyzátoru do plynného skupenství se používá zplynovač, neboli generátoru plynu. Odpařený katalyzátor je ze zplynovače veden proudem nosného plynu, kterým je nejčastěji vzduch nebo CO₂. Tato směs plynů obsahující plynný katalyzátor je potom vedena do vytvrzovací hlavy a do jaderníku. Po reakci katalyzátoru s pojivem je potřeba jaderník ještě propláchnout čistým vzduchem. Celý proces zplyňování zajišťuje řídicí jednotka podle nastaveného programu. Při samotném vytvrzování je potřebné katalyzátor nejprve dávkovat do jaderníku malým tlakem, aby se zabránilo vytlačení jádrové směsi do vytvrzovacích otvorů. Následuje dotvrzování, při kterém se katalyzátor dávkuje vyšším tlakem tak, aby se dosáhlo vytvrzení i ve vzdálenějších místech jaderníku. [2, 14]



Obr. 6.1 Vstřelovací stroj pro Cold Box proces se zplynovačem katalyzátoru firmy Formservis

6.1.2.2 Zachycování par aminu, jejich úprava a recyklace

Při Cold Box technologii výroby jader se používá plynný katalyzátor amin, který je zdraví škodlivý a navíc se vzduchem tvoří výbušnou směs. Je tedy potřeba tento plyn zpracovat. Vstřelovací stroje pro metodu Cold Box jsou proto vybaveny kapotáží. Celý zakrytovaný prostor vstřelovacího stroje je neustále odsáván, aby se plyny používané pro vytvrzování jader nedostaly do atmosféry. Odsávaný plyn se dále zpracovává.

Pro zpracování plynného katalyzátoru se používá více metod:

- Absorpce na aktivovaný uhlík
- Spalování při teplotě 800°C
- Pračka aminu

První dvě metody zpracování jsou sice velmi účinné, ale jejich provozní náklady jsou příliš vysoké, z tohoto důvodu se nejvíce používá zpracování v tzv. pračce aminu. [2, 14, 22]

**Pračka aminu**

Toto zařízení je založeno na chemickém odlučování, při kterém páry aminu reagují s kyselinou sírovou. Zařízení je vybaveno senzory, které kontrolují stav pH kyseliny a udržují ho pod hodnotou pH2. Plynný amin se rozpouští v kyselině a postupně dochází k jejímu nasycení, při kterém se tvoří aminosulfát. Tento odpadní roztok je převezen k ekologické likvidaci. Výkony běžně vyráběných praček aminu se pohybují v rozmezí 2000-10000m³/h. Vyčištěný vzduch pak odchází do ovzduší. [14, 22]



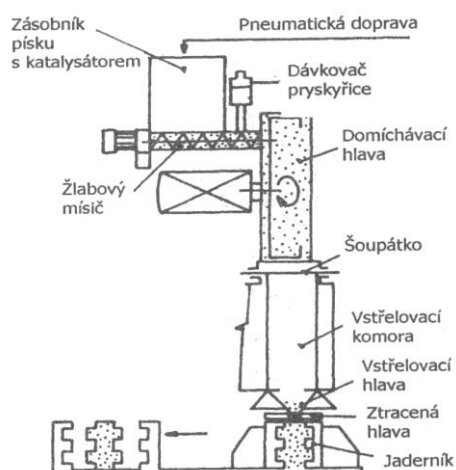
Obr. 6.2 Pračka aminu Formservis

Další možností zpracování katalyzátoru je jeho recyklace, při které se odvádí přímo z jaderníku. Plyn se odvádí do vymrazovačky, kde se při teplotě -40°C vysráží nečistoty. Následuje odloučení katalyzátoru a jeho čištění. Takto recyklovaný katalyzátor se může opět použít pro vytvrzování a dochází k jeho úspoře. [2]

6.1.3 Samotuhnoucí směs

Vstřelovací zařízení pro výrobu jader s použitím ST směsi se používají pro výrobu malých a středně velkých jader. Stroj je z důvodu rychlého vytvrzování směsi hned po smísení spojen se žlabovým mísičem a domíchávací hlavou, aby se minimalizovalo předčasné vytvrzování.

Při této metodě se jako ostřívo používá křemenný písek, ve kterém je obsažen kapalný katalyzátor. Do přesně odměřené dávky směsi pro jeden vstřel se ve žlabovém mísiči nadávkuje pojivo a smísená samotuhnoucí směs se dopraví do domíchávací hlavy. Směs se ihned vysype do vstřelovací komory a vstřelí se do jaderníku. Z důvodu rychlého vytvrzování směsi ihned po smísení se mezi vstřelovací hlavu a jaderník umísťuje pomocný jaderník, z něhož se formuje tzv. ztracená hlava. Tento jaderník zachycuje vytvrzené zbytky směsi, které by jinak zůstali ve vstřelovací komoře. Ztracená hlava se po rozebrání jaderníku vyhodí, což je i hlavní nevýhodou této metody. [2, 8]



Obr. 6.3 Vstřelovací stroj pro ST směsi [2]

6.2 Stroje pro vytvrzování jader teplem

Vytvrzování jader probíhá ve stroji za zvýšené teploty a dělí se na několik metod: Hot Box, Warm Box, Croning. [1, 15]

6.2.1 Hot Box

Vstřelovací stroje pro výrobu jader metodou Hot Box používají kovové jaderníky, které se vytápí až na teplotu 300°C. Ohřev jaderníků probíhá buď plynovými hořáky, nebo elektrickými topnými články. Plynové hořáky se používají pro větší jaderníky a díky možnosti nasměrování hořáků umožňují rovnoměrný ohřev jaderníku. Navíc je při jejich použití možné rychle přehřát nový jaderník na provozní teplotu, což výrazně zrychluje celý proces. Pro menší jaderníky se používá vyhřívání elektrickými topnými články, které zajišťují jednodušší manipulaci s jaderníkem. Elektrický výhřev je regulován pomocí teplotních snímačů umístěných v jaderníku. Ve srovnání s plynovým ohřevem však nenabízí takovou rovnoměrnost ohřevu. Aby se zabránilo předčasnému vytvrzování směsi teplem, je vstřelovací hlava chlazená vodou viz kapitola 4.1.2. Vstřelovací otvor pro tuto technologii má z důvodu velké tekutosti směsi malý průměr. Směs po vstřelení do zahřátého jaderníku začne vlivem zvýšené teploty tuhnout a po uplynutí předem stanoveného vytvrzovacího času je jádro vyjmutu. [1, 2]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 27
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

6.2.2 Warm Box

Stroje pro výrobu jader metodou Warm Box používají také kovové jaderníky a dále mají integrovaný mísič směsi do jádrového stroje. Mísič je utěsněn a při teplotě 70-100°C se v něm smíchá ostřívo s pojivem a vodou za zvýšeného tlaku, následně se naplní vstřelovací komora, která je rovněž utěsněna a nedochází tak k předčasnému vytvrzení. Při vstřelení do předeřátého jaderníku poklesne okolní tlak a voda se odpaří. Jaderníky jsou též proplachovány vzduchem, aby se celý proces vytvrzování urychlil. Oproti Cold Box procesu je zde jen poloviční spotřeba energie.

Zařízení pro výrobu jader metodou Warm Box používají minerální pojivo, které je ekologicky velmi šetrné. Odjádrování probíhá působením vody na jádro a to se velmi rychle rozpadá. Navíc se vysušená formovací směs může oživit a znovu použít pro vstřelování. Nejsou zde tedy žádné odpady ani škodlivé emise a navíc je výrazně snížena spotřeba pojiva. [2]

6.2.3 Croning

Některé stroje pro Hot Box mají upravenou vstřelovací komoru potaženou kovovým tkanivem, aby mohla být použita obalovaná skořepinová směs (Croning). Kvůli sypkosti směsi je vstřelovací otvor vybaven labyrintem, aby směs samovolně nepropadala. Stroj je z důvodu vyšší ceny směsi vybaven vyhřívaným vylehčovacím trnem pro snížení její spotřeby. Jaderník musí být z důvodu vyšší teploty opět kovový. Pro výrobu skořepinových jader se používají také foukací stroje a stroje s nasypáním a dotlačením směsi vzduchem. Výroba metodou Croning je výhodnější než metodou Hot Box zvláště při výrobě dutých nebo vylehčených jader. [1, 2]

7. PŘÍPRAVA JÁDROVÉ SMĚSI A ZPŮSOB DÁVKOVÁNÍ POJIV A OSTŘIV

Jádrová směs pro vstřelovací stroje se nejčastěji připravuje strojně použitím mísičů jádrových směsí. Při mísení dochází k rovnoměrnému promísení pevných i tekutých přísad v celém objemu připravované směsi. Mísení je tedy realizováno vzájemným pohybem částeczek směsi v mísiči. [4]

Po promísení požadované dávky se směs přepraví nad vstřelovací stroj, kde se přesype do vibračního zásobníku. V zásobníku musí být vždy tolik směsi, aby zaplnila celý objem vstřelovací komory. Objem připravované směsi je tedy závislý na velikosti zásobníku a na množství jader, která je potřeba vyrobit. Životnost směsi se odvíjí od použité technologie a pojivového systému a pohybuje se v řádu hodin. Je proto potřeba doplňovat čerstvou směs do stroje rovnoměrně, aby nedocházelo k jejímu znehodnocování (tzv. stárnutí směsi).

Způsob dopravy směsi ke vstřelovacímu stroji je závislý na velikosti a množství vyráběných jader. Při výrobě bez dalšího přepravního příslušenství je potřeba manuálně nabrat směs z mísiče a vysypat ji do vibračního zásobníku stroje. S rostoucími požadavky na množství směsi je proces různě automatizován, aby se zvýšila produktivita. [16]

Mezi nejčastěji používané mísiče směsi pro vstřelovací stroje patří:

- Dávkové mísiče jádrové směsi
- Průběžné mísiče jádrové směsi

7.1 Dávkové mísiče jádrové směsi

Mezi tento typ mísičů se řadí klasické lopatkové mísiče, vibrační mísiče, nebo vířivé mísiče. Dávkové mísiče jsou nejčastěji používány při výrobě malých a středních jader.

- 1) Lopatkové mísiče mají výkon do 6t/h a jeden pracovní cyklus stroje trvá 2-3 minuty.
- 2) Vibrační mísiče na rozdíl od lopatkových neobsahují žádné rotující části. Mísení probíhá pomocí vibrátoru, který rozvibruje mísu s lopatkami a rozpohybovaná směs se při svém pohybu intenzivně mísí.
- 3) Vířivé mísiče patří mezi nejnovější generaci mísičů. Výkon vířivého mísiče je až 9t/h a při jednom pracovním cyklu se zpracuje dávka až 120kg směsi. [9]



Obr. 7.1 Dávkový mísič SAND TEAM [23]

V případě potřeby rychlého smísení směsi např. u samotuhnoucích směsí se používají tzv. rychlomísiče. Nejčastěji používané rychlomísiče jsou vibrační, vrtulové a sférické lopatkové. Tyto mísiče mají kratší pracovní cyklus a používají se pro směsi s omezenou životností. Rychlomísiče bývají namontovány přímo na vstřelovacím stroji, aby se redukovala přepravní vzdálenost a čas. [2]

7.2 Průběžné mísiče jádrové směsi

Používají se pro mísení většího množství směsi zejména při výrobě větších jader ze samotuhnoucích směsí. Samotuhnoucí směsi mají nízkou životnost a proto je potřeba směs rychle smísit a přepravit k použití. Výkony těchto mísičů se pohybují v rozsahu 3-90t/h. Mísiče s menšími výkony se používají při výrobě jader, zatímco výkonnější se nejčastěji používají při výrobě forem pro odlitky. Výhodou těchto mísičů je možnost polohování mísičeho žlabu a kontinuální příprava směsi. [9]



Obr. 7.2 Průběžný mísič SAND TEAM [23]

7.3 Dávkování ostřiva a pojiva

Dávkování ostřiva pro oba typy mísičů probíhá buď hmotnostním, nebo objemovým odměřováním. Při hmotnostním odměřování je naváženo určité množství ostřiva, na které je mísič dimenzován a dávka je poté nasypána do mísiče. V případě objemového dávkování je plnění hlídáno dvěma kapacitními snímači. V poslední době se stále častěji používá objemové odměřování ostřiva. [2, 4, 11]

Dávkování pojiva je u obou typů mísičů objemové. Přesně nastavená dávka pojiva se podtlakem nasaje do dávkovacích trubíc, ze kterých se následně vstříkne tryskami do rotující směsi v mísiči. V dávkování jednotlivých surovin se zohledňuje řada faktorů jako použité ostřivo nebo pracovní teplota směsi při vstřelování. V dnešní době je již proces mísení zcela automatizován. [2]

7.4 Regenerace jádrových směsí

Regenerace neboli obnovování směsi je spojeno se snížením spotřeby nového písku a tím i snížením celkových nákladů. Při výrobě jader ve slévárnách se písek z jádrové směsi při regeneraci smíchá s formovacím materiálem a dále je jeho součástí. Dále se tedy nepoužívá k výrobě jader, ale jen pro výrobu forem, u kterých jsou kladeny menší požadavky. V případě jaderen specializovaných pouze na výrobu jader se regenerace používá jen při zpracování vyrobených zmetků. Zmetky se rozdrťí a písek se tak může znovu použít. [5, 10]

7.5 Typy používaných ostřiv a přísad

Nejpoužívanějším typem ostřiva je křemenný písek, který se používá také při výrobě forem. Mezi další používaná ostřiva zejména pro výrobu tvarově složitých a tepelně namáhaných jader se používají zirkonový a chromitový písek někdy v kombinaci s křemenným pískem. [8, 16]

V následující tabulce jsou uvedeny vlastnosti používaných ostřiv:

	Oblast použití	Využitelnost	Pevnost
Zirkon	Pro velmi tepelně a tvarově namáhaná jádra	vždy	výborná
Chromit	Pro velmi tepelně namáhaná jádra	vždy	výborná
Křemenný písek	Pro všechny typy běžně používaných jader	vždy	velmi dobrá
Mullit	Pro velmi tepelně namáhaná jádra, u kterých je požadována chemická stálost.	Méně často	dobrá
Šamot	Pro tepelně namáhaná jádra kde neobstojí Si ostřivo a použití Cr, Zr by nepřiměřeně zvýšilo náklady na výrobu	Méně často	dobrá
Olivín	Pro tepelně namáhaná jádra kde neobstojí Si ostřivo a použití Cr, Zr by nepřiměřeně zvýšilo náklady na výrobu	Méně často	dobrá



Obr. 7.3 Jádra z různých ostřiv Formservis

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 31
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

7.5.1 Přísady

Přísady jsou významnou složkou při výrobě slévárenských jader a nejčastěji se používají v kombinaci s křemennými ostřivy.

Přísady sice snižují životnost směsi, ale jsou nezbytně nutné pro odstraňování vad v dutinách odlitku. Přísady jsou většinou ve formě velmi jemných železitých pilin, napuštěných dřevitých pilin nebo různé chemické látky (např. kyselina boritá při odlévání hořčíkových slitin). [16]

Vliv na vlastnosti směsi má mimo použitého ostřiva řada dalších faktorů jako teplota ostřiva a vlhkost. Optimální teplota je od 20-25°C. U písků při teplotě nad 25°C se zkracuje zpracovatelnost, zatímco u písků s teplotou pod 10°C se zpracovatelnost prodlužuje, ale zvyšuje se spotřeba katalyzátoru a doba potřebná pro vytvrzení. Vlhkost ostřiva je optimálně pod 0,05% v praxi bývá do 0,1%. [10, 16]

8. AUTOMATIZACE JÁDROVÝCH CENTER

Automatizovaná jádrová centra pro výrobu velkého množství jader mohou být vybavena zařízením pro automatickou manipulaci s jádrem od vyjmutí z jaderníku až po skladování. Automatizace výroby se provádí hlavně při výrobě jader metodou Cold Box, která je v dnešní době nejvíce rozšířená. Manipulace s jádrem bývá prováděna průmyslovými roboty, ty nahrazují v řadě operací pracovníky. Mezi nejrozšířenější úkony, u kterých se využívá robotů, patří: odebrání jader ze vstřelovacího stroje, povrchové úpravy jader (apretace a nátěry), lepení, sušení a montáž jader. Pro robotizovanou výrobu je potřeba, aby měl vstřelovací stroj automatický pracovní cyklus a byl spojen s míšičem směsi, zplynovačem katalyzátoru a zachycovačem plynu. [2]



Obr. 8.1 Automatizované jádrové centrum Laempe [17]

8.1 Výroba monobloků jader

Při montáži jader je někdy výhodné jádra z technologického hlediska spojit do balíků neboli monobloků. Ty se využívají např. při výrobě forem pro automobilový průmysl, kde je ve formě několik stejných jader vedle sebe. K výrobě monobloků se používají roboty i další montážní systémy. Spojení jader se zajišťuje šrouby, lepením nebo přibíjením. Monobloky jader se mohou dále sušit nebo natírat a nakonec se zakládají do forem pro odlitky. Tento stupeň automatizace mají jen velké slévárny, které se zabývají velkosériovou výrobou. [2, 8]



8.2.1 Key Core

Key Core je vynález španělské firmy Loramendi, která se pohybuje na poli vstřelovacích strojů pro výrobu jader. Tato metoda vynalezená v roce 1987 zajišťuje spojování jader do monobloků bez využití lepidla nebo jiných přípravků a velmi často se v praxi používá. Ve srovnání s ostatními systémy spojování jader má tento systém nejvyšší přesnost. Jádra se spojují v přesně definovaných polohách za použití šablony a jsou od sebe oddělena mechanickými zarážkami. Vlastní spojení je realizováno díky zapuštěnému tvarování jader s průběžnou dutinou, která se v montážní stanici zafoukne Cold Box směsí. Poté se jádra polévají nátěrem a suší. Spojená jádra mají vysokou rozměrovou přesnost $-0/+0,5\text{mm}$ a využívají se v automobilovém průmyslu např. při výrobě odlitků bloku motoru. [8]



Obr. 8.2 Key Core firmy Loramendi [18]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 34
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

9. ZÁVĚR

Výroba slévárenských jader na vstřelovacích strojích je v současné době klíčovým parametrem ve slévárenství pro plnění kvality a požadovaného množství odlitků pro další strojírenské zpracování. Rozvoj chemického průmyslu a výpočetní techniky vedl v této oblasti ke zvýšení efektivnosti výroby (snížení nákladů, úspora energií) a v neposlední řadě ke zlepšení pracovního prostředí. Největšího rozvoje výroby slévárenských jader na vstřelovacích strojích v uplynulém období bylo dosaženo v letech 1990-2007. V poslední době je kladen velký důraz na ekologii. Současný vývoj výroby slévárenských jader na vstřelovacích strojích je v oblasti nahrazení organických pojiv anorganickými pojivy, které jsou k životnímu prostředí velmi šetrná. Přestože anorganická pojiva v současné době nedosahují požadovaných parametrů kladených slévárnami, předpokládá se, že jejich podíl na výrobě slévárenských jader na vstřelovacích strojích se do budoucna výrazně zvýší.

10. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1.] ZOUKAL, František. *Zařízení a provoz sléváren*. Praha: SNTL, 1979, s. 156-161.
- [2.] CHRÁST, Jaroslav. *Slévárenská zařízení*. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, 2006, 256 s. ISBN 80-7204-455-9.
- [3.] ŠIROKÝCH, Jiří. *Zařízení sléváren*. Praha: SNTL, 1968, s. 268-276.
- [4.] FORÝTEK, Lumír. *Slévárenské stroje*. Brno: Rektorát Vysokého učení technického v Brně, 1985, 193 s.
- [5.] *Slévárenství*. Brno: Svaz sléváren České republiky, 2011, č. 9-10. ISSN 0037-6825.
- [6.] *Slévárenství*. Brno: Svaz sléváren České republiky, 2007, č. 8-9. ISSN 0037-6825.
- [7.] *Slévárenství*. Brno: Svaz sléváren České republiky, 2006, č. 7-8. ISSN 0037-6825.
- [8.] *Slévárenství*. Brno: Svaz sléváren České republiky, 2003, č. 8-9. ISSN 0037-6825.
- [9.] *Slévárenství*. Brno: Svaz sléváren České republiky, 2003, č. 1. ISSN 0037-6825.
- [10.] *Slévárenství*. Brno: Svaz sléváren České republiky, 2008, č. 3-4. ISSN 0037-6825.
- [11.] *Slévárenství*. Brno: Svaz sléváren České republiky, 2008, č. 5-6. ISSN 0037-6825.
- [12.] *Slévárenství*. Brno: Svaz sléváren České republiky, 2007, č. 7. ISSN 0037-6825.
- [13.] *Slévárenství*. Brno: Svaz sléváren České republiky, 2006, č. 1. ISSN 0037-6825.
- [14.] *Slévárenství*. Brno: Svaz sléváren České republiky, 2007, č. 10. ISSN 0037-6825.
- [15.] *Slévárenství*. Brno: Svaz sléváren České republiky, 2004, č. 7-8. ISSN 0037-6825.
- [16.] (ústní sdělení) [KLÍMA, Jiří] [Formservis, spol. s.r.o. Obřanská 60, Brno], [Vedoucí výroby]. [3.5.2013]
- [17.] [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.laempe.com/produkte/core-solutions/coreproduction/serie-lhl/>
- [18.] [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.loramendi.com/en/core.html>
- [19.] [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: http://www.disagroup.com/en/sites/disagroup.com/content/equipment/core_technology/core_shooters.aspx
- [20.] [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.hansberg.com/>
- [21.] [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.gifos.eu/>
- [22.] [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.formservis.cz/>
- [23.] [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.sandteam.cz/>

11. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1 Vstřelovací stroj	10
Obr. 2.1 Vstřelovací komora	11
Obr. 3.1 Jednopolohový vstřelovací stroj	13
Obr. 3.2 Vícepolohový vstřelovací stroj Laempe	14
Obr. 3.3 Šestipolohový karusel	15
Obr. 3.4 Transfer pro výrobu těžších jader	15
Obr. 3.5 Pojezdový stůl s vyhazovacím mechanismem	16
Obr. 4.1 Základní tvary vstřelovacích otvorů	18
Obr. 4.2 Hliníkový horizontálně dělený jaderník s epoxidovou výstelkou	19
Obr. 4.3 Odvzdušňování jaderníků	19
Obr. 5.1 Přehled jednotlivých technologií	20
Obr. 5.2 Procentuální podíl technologií pro výrobu jader v západní Evropě v letech 1990 až 2003	22
Obr. 6.1 Vstřelovací stroj pro Cold Box proces se zplynovačem katalyzátoru firmy Formservis	24
Obr. 6.2 Pračka aminu Formservis	25
Obr. 6.3 Vstřelovací stroj pro ST směsi	26
Obr. 7.1 Dávkový mísič SAND TEAM	28
Obr. 7.2 Průběžný mísič SAND TEAM	29
Obr. 7.3 Jádra z různých ostřiv Formservis	30
Obr. 8.1 Automatizované jádrové centrum Laempe	32
Obr. 8.2 Key Core firmy Loramendi	33