



ISOSTATIC PRESSES AS AN EQUIPMENT FOR OMNIDIRECTIONAL PRESSING PROCESS

M.Prokeš *

Summary: This article deals with pressing technique of compacts made by method of powder technique and exploitation of isostatic presses for this specific purpose. The article also shows advantages and disadvantages of the individual pressing methods, general possibilities of design solution of isostatic presses and also a specific solution of CJZ isostatic press that have been manufactured and supplied by ŽDAS J.S.CO.

1. Technologie lisování práškových hmot

Lisování je běžný způsob výrobního postupu, kterým tvarujeme jednoduché nebo složité keramické, kovové nebo organické prášky. Proti ostatním tvarovacím metodám je tento postup zvláště výkonný a umožňuje výrobu jednoduchých a složitých tvarů z různých práškových hmot. Zůstávají-li rozměry lisovacích nástrojů stejné a lisují-li se téměř suché prášky, pak se rozměry výlisků pohybují ve velmi úzkých tolerančních limitech, to znamená, že ve většině případů není nutná další úprava. Tyto výhody mají příznivý vliv na rychlost výroby, na výrobní náklady a vytvářejí příznivou perspektivu této technologie.

Tradiční způsob jednostranného nebo dvoustranného lisování prášků má některé technické nevýhody. Při lisování vzniká tření mezi částicemi hmoty a mezi hmotou a stěnou kovové formy. Oba děje způsobují ztrátu tvářecí síly uvnitř výlisku. Ztráta lisovacího tlaku má za následek, že zhutnění hmoty v jednotlivých částech výlisku je tím menší, čím více je daná část vzdálena od lisovacího razníku. Nerovnoměrné zhutnění se odráží v proměnné objemové hmotnosti a mechanické pevnosti jednotlivých částí výlisku. Je-li výlisek pak dále tepelně zpracováván nachází se v oblastech menšího zhutnění větší zmenšení tvaru než v oblastech, které byly více zhutněny. Rozdílné zhutnění jednotlivých částí výlisku má tedy za následek rozdíly v rozměrech a mechanické pevnosti, vznik vnitřního pnutí, případně trhliny na povrchu i uvnitř konečného výrobku. Rozdíly ve zhutnění se zvyšují, zvětšujeme-li poměr výšky k šířce výlisku, tedy u větších a objemnějších výlisků, nebo lisujeme-li méně plastické hmoty. Neplastické hmoty u kterých následkem větší tvrdosti částic vzrostlo tření, tedy prášky, které obsahují např. karbidy kovů se obtížněji tvarují než hmoty plastické např. kaolinové prášky a to i s použitím vyšších lisovacích tlaků.

Uvedené nevýhody tradičního lisování, zájem technické praxe o speciální, převážně neplastické prášky a nutnost použití vyšších tvářecích tlaků při tvarování prostorových výlisků vyvolaly vývoj nové technologie všestranného / isostatického / lisování. Prášková hmota, která se má lisovat je uzavřena v pomocném obalu, pryžové nebo kovové formě. Forma je umístěna v tlakové komoře válcového tvaru, který vyplněn vhodným prostředím, nejčastěji HFA kapalinou (emulze oleje ve vodě). Podle Pascalova zákona o přenosu tlaku v kapalinách, působí tlak všemi směry na stěnu formy. Materiál formy je tímto tlakem deformován a přenáší jej spojitě na práškovou hmotu, která je tak všestranně, rovnoměrně tvarována malou deformační rychlostí.

* Ing. Miloš Prokeš.: ŽDAS, a.s.; Strojírenská 6; 591 01 Žďár nad Sázavou; tel.: +420 566 643 225, fax: +420 566 642 817; e-mail: milos.prokes@zdas.cz

V tomto postupu je odstraněno jednostranné působení tlaku na hmotu, známé z běžné lisářské praxe a je nahrazeno všestranným působením tlaku.

Jednodušší uspořádání přenosu sil tlakovou kapalinou umožňuje zvýšit hodnoty lisovacích tlaků při relativně nižších nákladech na zařízení, pracovní prostor, energii a to při zlepšené kvalitě výlisku.

Všestranné lisování při teplotě okolo 20°C se rozvinulo do tří odlišných postupů, které nazýváme společně hydrostatickým lisováním. Rozlišujeme je dle charakteru formy.

Plníme-li práškovou hmotu do formy mimo tlakovou komoru lisovacího zařízení a předem uzavřenou formu vkládáme do kapaliny v této komoře, pak postup nazýváme hydrostatické lisování v mokré formě. V komoře tvarujeme formu a práškovou hmotu hydrostatickým tlakem a po zrušení tlaku vyjmeme z komory mokrou formu s výliskem. Forma se svojí pružností sama vrací do původního tvaru (formy jsou z pryžového materiálu). Suchý výlisek vyjímáme z formy mimo tlakovou komoru. Forma tedy není součástí zařízení a lze ji libovolně měnit. Při jednom chodu lisovacího zařízení lze v tlakové komoře tvarovat i několik menších forem různého tvaru, které mohou být plněny různou hmotou. Tento způsob všestranného lisování je dnes nejvíce rozšířen a je vhodný pro kusovou a malosériovou výrobu a pro laboratorní práce.

Druhý způsob hydrostatického lisování je plnění práškové hmoty do formy, která je součástí tlakové komory. Forma tvoří vnitřní část tlakové komory. Lis musí být vybaven zařízením, které vysune výlisek z prostoru formy. Tlaková HFA kapalina je v prostoru komory trvale oddělena formou od obsluhy lisu. Tlakem HFA kapaliny v tlakové komoře se isostaticky tvaruje forma, které je z pryžového materiálu, a ta přenáší tlak na práškovou hmotu. Po zrušení tlaku se forma sama vrací do výchozí polohy, vlastní pružností. Pomocné zařízení otevře tlakovou komoru a z formy se vysune výlisek. Tento postup nazýváme hydrostatické lisování v suché formě též isomatické lisování. Forma je tedy součástí zařízení, má vnější rozměry obdobné rozměrům dutiny tlakové komory a při demontáži ji lze vyměnit. Při jednom chodu lisovacího zařízení vylisujeme jen jeden výlisek. Vzhledem k různé slisovatelnosti hmot a různém smrštění výlisků lze pokládat formu za jednoúčelovou. Isomatické lisování se vyvinulo zjednodušením a mechanizací již popsaného hydrostatického lisování v mokré formě a je výhodné pro sériovou výrobu určitého jednoduššího tvaru výrobku např. válce, trubky atd.

Třetí postup hydrostatického lisování využívá plastické deformace speciálních organických materiálů. Tyto materiály přebírají úlohu formy i tlakového prostředí. Takovým materiálem může být silikonový gel. Je-li gel stlačován, chová se jako kapalina o vysoké viskozitě , rozvádí tlak všemi směry a po zrušení tlaku nabude opět počáteční tvar. Forma z tohoto materiálu je umístěna v kovovém obalu a stlačujeme ji např. jednostranně, ocelovým razníkem. Forma je jednoúčelová. Tuto variantu lisování označujeme jako hydrostatické lisování pryžovou formou, ale měla by se spíše nazývat kvazi-isostatické lisování. Při jednom chodu zařízení můžeme stlačovat i několik forem, které mohou být plněny různou práškovou hmotou. Tento způsob je vhodný pro sériovou výrobu menších jednodušších tvarů výlisků např. trubek, koulí válců atd..

2. Využití isostatického lisu pro zhutňování práškových hmot

S ohledem na potřeby trhu se firma ŽĐAS a.s. začala věnovat isostatickým lisům pro lisování práškových hmot v mokré formě, neboť tato technologie výroby, pro svoji flexibilitu, se používá nejčastěji.

Všeobecné požadavky na zařízení:

- docílit tlaky řádově ve stovkách MPa
- rozměry pracovního prostoru (komory) dle velikosti výlisku, z konstrukčních a pevnostních důvodů obvykle tvaru válce
- uzavření pracovního prostoru jednoduchým způsobem
- nárůst tlaku musí odpovídat požadavkům technologie
- výdrž na požadovaném tlaku, řádově vteřiny až minuty
- odtlakování pracovního prostoru seřiditelným poklesem tlaku
- jednoduché vkládání a vyjímání formy
- měření tlaku v pracovním prostoru pro určení dosaženého tlaku

Výčet možností řešení výše uvedených požadavků u isostatických lisů dle dostupných pramenů výrobců těchto lisů (ASEA, Societé Basset Lorraine, UHDE, ŽĐAS atd.). Jedná se o stávající technický stav konstrukčních řešení.

3.Zdroje pracovního tlaku

Jako zdroje pracovního tlaku se pro tlaky vyšší jak 300 MPa, v současné době, používají multiplikační zařízení různých konstrukcí a uspořádání. V dřívější době byly multiplikátory používány i pro nižší tlaky. V nových konstrukcích se pro tlaky do 300 MPa využívá pístových přímočarých hydrogenerátorů. To vše díky rozvoji konstrukčních řešení a použitých materiálů, které umožňují těmto hydrogenerátorům dosahovat tak vysokých tlaků.

Vhodnou pracovní kapalinou pro vysokotlaké části lisu, v oblasti zhutňování práškových hmot, je HFA kapalina (vodní emulze – emulze oleje ve vodě).

Dále uvedu několik možných způsobů zdrojů pracovního tlaku:

Vzducho-hydraulický multiplikátor

Poměrně často využívané zařízení jako zdroj tlaku je vzducho-hydraulický multiplikátor. Zdrojem primárního tlaku je stlačený vzduch o tlaku 0,6 – 1 MPa. Tato zařízení vykazují poměrně malé rozměry, je zde oddělen zdroj primárního tlaku tj. kompresor. V tomto případě se volí systém jedno až tří multiplikátorový. Celý rozsah tlaků může být tlakován jedním multiplikátorem, ale při používaných multiplikačních poměrech dochází k poměrně dlouhé době tlakování pracovního prostoru. Tyto multiplikátory bývají jednočinné. Při použití dvou nebo více multiplikátorů, je sekundární okruh složitější. Multiplikátory se zapínají do funkce ručně nebo automaticky, při dosažení daných tlaků. Používá se různých multiplikačních poměrů u každého multiplikátoru – tím se dosáhne většího dodávaného množství vysokotlaké kapaliny u nižších tlakových stupňů. Tak se zkrátí čas potřebný k nárůstu tlaku na požadovanou hodnotu. Zařízení je komplikované se zpětnými ventily, které oddělují jednotlivé tlakové stupně.

Hydraulický multiplikátor

Hydraulický multiplikátor je poháněn nízkotlakým primárním okruhem (10 – 30 MPa). Jako pracovní kapalina v primárním okruhu je použit hydraulický olej výkonové třídy HM. Multiplikátor bývá obvykle dvojčinný, takže dodávka do pracovního prostoru je dostačující, ovšem pokud není požadován extrémně nízký čas tlakování. Výhodou je dokončení pracovního cyklu i při poruše těsnění na jedné ze stran multiplikátoru,

samozřejmě při snížení dodávky vysokotlaké kapaliny do pracovního prostoru. Vysokotlaká kapalina, která je nasávána do multiplikátoru, je filtrována a zbavena nečistot, což má přímý vliv na správnou funkci multiplikátoru.

- Kombinace vysokotlakého hydrogenerátoru a hydraulického multiplikátoru

Nabízí se ještě jedno řešení pro zkrácení doby tlakování pracovního prostoru. Tím je kombinace již zmíněných zdrojů (vysokotlaký hydrogenerátor a hydraulický multiplikátor). Vysokotlaký hydrogenerátor zajistí velkou dodávku HFA kapaliny do nižšího tlaku a závěrečné natlakování na požadovanou hodnotu tlaku provede multiplikátor. Správným poměrem dodávky pracovní kapaliny z hydrogenerátoru nebo hydrogenerátoru a multiplikátoru můžeme optimalizovat čas natlakování pracovního prostoru a tím kladným způsobem ovlivnit produktivitu lisu.

Volba zdroje tlaku je odvislá od technologie – požadovaný tlak a rychlost tlakování v pracovním prostoru.

4.Pracovní nádoby

Uvnitř nádoby vzniká pracovní prostor pro zhutňování práškových hmot. U nádob se používá jednoduchých i složených (bandážovaných) konstrukcí. Volba konstrukčního řešení závisí na pracovním tlaku a dané technologii. Po obrobení je nádoba tepelně zpracována a vystavena autofretážnímu tlaku (obvykle 1,25 – 1,4 násobek pracovního tlaku). Pracovní nádoby mívají radiální přírodní otvory – zde je pak možnost odvodu i připojení přívodu potrubí vysokého tlaku. Tam, kde z pevnostních důvodů nelze provést otvory v plášti, jsou přívody potrubí vysokého tlaku umístěny ve spodní zátce a odvodu v horní zátce je řešeno pomocí samostatného ventilu. Uzavření pracovní nádoby se provádí zátkami, které jsou řešeny jako jeden celek, nebo jsou dělené. U dělených zátek je oddělena část s těsněním od části uzavírací (se závitem). Tím se zamezí rotačnímu pohybu těsnící sestavy, který snižuje životnost těsnění. Závít u spodní zátky bývá plný a horní (pohyblivá) zátka mívá závít bajonetový t.j. přerušovaný. U některých konstrukcí je provedeno uzamknutí horní zátky jiným způsobem např. rámovou konstrukcí, která se zasune nad zátku a tím ji zajišťuje proti vnitřnímu tlaku. Vysokotlaké těsnění zátky bývá složené kovoelastické. U některých konstrukcí se používá i speciálních manžet. Příklad konstrukčního řešení pracovní nádoby je uveden na obr.1.

5.Odtlakování (dekomprese)

Ve většině případů se používají dekompresní ventily. Bývají jehlové konstrukce, těsněné kov na kov. Podle použité světlosti působí zároveň jako škrtící element. Pokud je světlost ventilu pro škrcení nedostačující musí být za tento člen zařazen ruční škrtící ventil nebo clona. Životnost škrtících elementů je závislá na konstrukci, použitých materiálech a na množství a druhu nečistot v pracovní HFA kapalině. Příklad konstrukčního řešení odtlakování je uveden na obr.2.

6.Potrubí

K propojení vysokotlakého zdroje s pracovní nádobou a napojení pomocných vysokotlakých zařízení (snímače tlaku, manometru atd.) se používá trubek z kvalitních materiálů a velice kvalitně vyrobených. Přípoje trubek bývají různého provedení (dle pracovních tlaků atd.) a od různých výrobců. Tyto spoje jsou těsněny kov na kov. Je zde

využito samotěsnicího účinku kuželových těsnících ploch. Tyto systémy se vyznačují poměrně dobrou těsností i po několikeré demontáži a montáži. Potrubní spoje bývají provedeny přes pomocné kostky (spojky přímé, spojky rohové, T-kusy atd.). V některých případech lze použít ohybů na trubkách. Při montáži je třeba dát pozor, aby při ohybu tlustostěnné trubky nedošlo ke zmenšení její světlosti. Příklad konstrukčního řešení potrubí a multiplikátoru je uveden na obr.3.

7.Ovládání

Ovládání primárního okruhu spadá do oblasti klasické pneumatiky nebo hydrauliky a proto je nebudu rozvádět. Ovládání sekundárního okruhu bývá provedeno přes primární okruh. Například nastavení max.tlaku sekundárního okruhu je prováděno nastavením max.tlaku na pojistném ventilu primárního okruhu, nebo regulací dodávky v primárním okruhu regulujeme dodávku sekundárního okruhu (rychlost pohybu multiplikátoru).

8.Isostatické lisy vyráběné ve firmě ŽĎAS a.s.

Jak již bylo zmíněno, s ohledem na potřeby trhu se firma ŽĎAS a.s. začala věnovat isostatickým lisům pro lisování práškových hmot v mokré formě. Tato řada lisů nese označení CJZ. Používá primární hydraulický obvod a pomocí hydraulického multiplikátoru je v pracovním prostoru lisu zvyšován tlak na požadovanou hodnotu. Primární (nízkotlaký) okruh používá jako pracovní kapalinu hydraulický olej výkonové třídy HM. Pracovní tlak je vyvozen regulačním axiálním pístovým hydrogenerátorem a dodávka pracovní kapaliny je řízena pomocí šoupátkových rozváděčů. Tento okruh je využíván také jako zdroj tlaku pro hydraulické válce, které zajišťují pomocné pohyby celého lisu (přesouvání rámu, zvedání a spouštění zátky atd.). Primární (nízkotlaký) agregát je konstrukčně řešen jako kompaktní celek, který se skládá z elektromotoru, hydrogenerátoru, řídicího hydraulického bloku, nádrže a příslušenství.

Jako pracovní kapalina je v sekundární (vysokotlaké) části použita HFA kapalina (emulze oleje ve vodě). Z nádrže sekundárního okruhu je HFA kapalina čerpána předplňovacím hydrogenerátorem do multiplikátoru přes sací zpětné ventily. Multiplikátor je dvojčinný vícezdvihový, tzn. pro naplnění pracovního prostoru zařízení je třeba jistého počtu cyklů dle velikosti pracovního tlaku a pracovního prostoru lisu. Při pracovním zdvihu je HFA kapalina vytlačována přes zpětné ventily do pracovního prostoru. Příklad realizace je ukázán na obrázku č 4. Pracovní kapalina je vedena vysokotlakým potrubím z nevrstvených trubek. Spojení potrubí je provedeno šroubovanými spoji s kuželovou těsnící plochou. Tento způsob spojů je těsný i po několikeré montáži a demontáži. Kromě toho je zde využito samotěsnicího účinku tohoto spoje.

Pracovní nádoba je nevrstvená. Po obrobení je nádoba tepelně zpracována a vystavena autofretážovacímu tlaku (obvykle 1,25 – 1,4 násobek pracovního tlaku). Jeho přesná hodnota je stanovena výpočtem, který provádí specializované výpočtové oddělení firmy ŽĎAS a.s.. Konstrukční provedení spodní a horní zátky se liší dle velikosti tlaku a průměru pracovního prostoru. U našich lisů byly použity oba výšeuvedené způsoby tzn.. první způsob - spodní zátka je s plným závitem u a horní (pohyblivá) zátka má závit bajonetový t.j. přerušovaný, druhý způsob - uzamknutí horní zátky rámovou konstrukcí, která se zasune nad zátku a tím ji zajišťuje proti vnitřnímu

tlaku. Vysokotlaké těsnění zátky je složené kovoelastické. V pracovním prostoru se komprimuje pružná forma se zarážkou práškové hmoty.

Po dosažení nastavitelného pracovního tlaku a požadované výdrže na tlaku se HFA kapalina odpouští přes dekompresní a škrtící ventil nebo ventily do nádrže sekundárního okruhu. Měření vysokého tlaku je provedeno přímo vysokotlakým tenzometrickým snímačem tlaku, neboť toto řešení jako jediné zaručuje vysokou přesnost určení pracovního tlaku v pracovním prostoru lisu.

Součástí isostatického lisu je elektrické zařízení, které zajišťuje všechny potřebné funkce napájecí, řídicí, kontrolní a blokovací. Rozsah elektrického zařízení je dán velikostí lisu, ale nejčastěji se skládá ze silového a řídicího rozváděče umístěného vedle pohonu, ovládacího pultu a přechodové svorkovnice. Rozsah řízení je opět dán vlastním použitím lisu. Nejčastěji obsahuje programovatelný řídicí systém SPS, který zajišťuje řízení nejen pohybů pomocných funkcí lisu, ale především proces tlakování, tlakové výdrže a řízené dekomprese pracovního prostoru lisu. K řízení celého procesu se používá volně programovatelný automat typu SIMATIC S 7-300. Jednotlivé krajní polohy funkčních částí lisu jsou kontrolovány indukčními snímači. Pro zadávání jednotlivých technologických parametrů (pracovní tlak, doba výdrže na pracovním tlaku, jednotlivé hodnoty dekompresního tlaku a časové výdrže atd.) a sledování celého procesu lisování je použit zobrazovač OP s klávesnicí. Po odladění nastavených hodnot lze tyto údaje uložit do paměti programového systému a tím lze vytvořit jednotlivé technologické receptury pro daný typ výrobku. Řídicí systém zaznamenává počet dosažených tlaků určité úrovně v pracovním prostoru. Tato informace je důležitá pro sledování historie zatížení pracovní komory, neboť ta má výpočtem určenou hodnotu maximálního počtu cyklů, kterou je nutné, z hlediska bezpečnosti, nepřekročit. Tento řídicí systém obsahuje diagnostiku poruch, která signalizuje obsluze, prostřednictvím zobrazovače OP, chyby (nesplnění podmínek pro provoz zařízení).

Výhody řešení isostatických lisů firmy ŽĎAS a.s.

1. Použití dvojčinného multiplikátoru zvyšuje spolehlivost zařízení. Při poruše jednoho těsnícího prostoru je možno bezpečně dokončit tlakování i provést několik dalších tlakování při pochopitelně zvýšené době tlakování.
2. Použití řízené víceúrovňové dekomprese zajišťuje možnost různých kombinací pozvolné dekomprese a tím jsou vytvářeny podmínky pro optimalizaci technologického postupu. Požadavek takto řízené dekomprese je zvláště opodstatněný u speciálních materiálů nebo rozměrných výlisků.
3. Na přání lze dodat k zařízení koš, který usnadní vyjímání výlisku z pracovního prostoru lisu po vyjmutí zátky. U malých zařízení se koš vyjímá ručně, u velkých pak pomocí zvedacího stroje (jeřábu).
4. V případě požadavku změny rychlosti nárůstu tlaku je možno tento požadavek realizovat pomocí regulace dodávky primárního hydrogenerátoru. Tím lze upravit čas tlakování pracovního prostoru lisu.
5. Pomocí programovatelného řídicího systému SPS, který zajišťuje řízení nejen pohybů pomocných funkcí lisu, ale především proces tlakování, tlakové výdrže a řízené dekomprese pracovního prostoru lisu, diagnostiku zařízení atd., dosahujeme velice spolehlivého a pro obsluhu pohodlného provozu. Řídicí systém dále umožňuje

rozmanité experimentální možnosti pro technologii isostatického tváření práškových hmot v mokré formě.

9. Příklady vyrobených isostatických lisů ve firmě ŽĎAS a.s. a některé jejich parametry

CJZ 1/0306

Pracovní tlak sekundárního okruhu max. 100 MPa

Pracovní prostor Ø 300 – 600

Pracovní tlak primárního okruhu max. 16 MPa

Dodávané množství z multiplikátoru 3,5 dm³/min

Čas tlakování bez náplně 60 sec

Instalovaný příkon 13 kW

Lis je provozován ve firmě CAPITAL REFRACTORIES s.r.o. Šenov

CJZ 5/0105

Pracovní tlak sekundárního okruhu max. 500 MPa

Pracovní prostor Ø 100 – 500

Pracovní tlak primárního okruhu max. 21 MPa

Dodávané množství z multiplikátoru 0,7 dm³/min

Čas tlakování bez náplně 90 sec

Instalovaný příkon 7,5 kW

Lis je provozován ve firmě UJP Praha

Tento lis je uveden na obr.4.

Další perspektivy isostatického lisování

I když se isostatické lisy CJZ v praxi tváření práškových materiálů v mokré formě již osvědčily, je prováděno další zlepšení na těchto zařízeních. A to například v oblasti vývoje některých náročných a extrémně zatížených prvků a mechanismů. Je nutné se zaměřit a dokonale zvládnout problematiku bezpečnosti provozu těchto lisů z hlediska evropských harmonizovaných norem a zajistit kontrolu bezpečnosti hlavních namáhaných dílů např. pomocí akustické emise. Jsou také nadále sledovány vývojové tendence technologie isostatického tváření a na základě těchto informací jsou vyvíjeny další zařízení.

Příkladem nového využití isostatického lisu může být použití vysokého tlaku pro prodloužení životnosti výrobků v potravinářském průmyslu viz. obr. 5 a 6. Tyto lisy vyrábí firma ŽĎAS a.s. pod označení CYX.

10. Závěr

Základní předností technologie hydrostatického lisování v mokré formě je všestranné a rovnoměrné působení tlaku na hmotu. Vliv isostatického tlaku se příznivě projevuje rovnoměrným prolisováním, odstraněním pnutí ve výlisku a rovnoměrným smrštěním, při následném tepelném zpracování. Toto vše příznivě ovlivňuje kvalitu výlisků ve výrobě. Vyšší lisovací isostatické tlaky umožňují tvarovat větší prostorové tvary z neplastického prášku. Výlisky lze běžným způsobem obrábět. Lisovací tlaky v rozmezí 100 až 400 MPa, které se používají pro lisování keramických hmot, zvyšují objemovou hmotnost výlisků až o 20%, mechanickou pevnost až o 300%.

I když je v současné době všestranné lisování práškových hmot používáno hlavně ve speciální výrobě, jsou reálné technické a ekonomické předpoklady většího rozšíření. První podmínka rozšíření této technologie, kterou je vhodné a dostupné strojní zařízení, byla splněna výrobou isostatických lisů CJZ ve firmě ŽĐAS a.s.. Další podmínkou je dokonalá znalost technologie všestranného lisování práškových hmot a její využití v praxi.

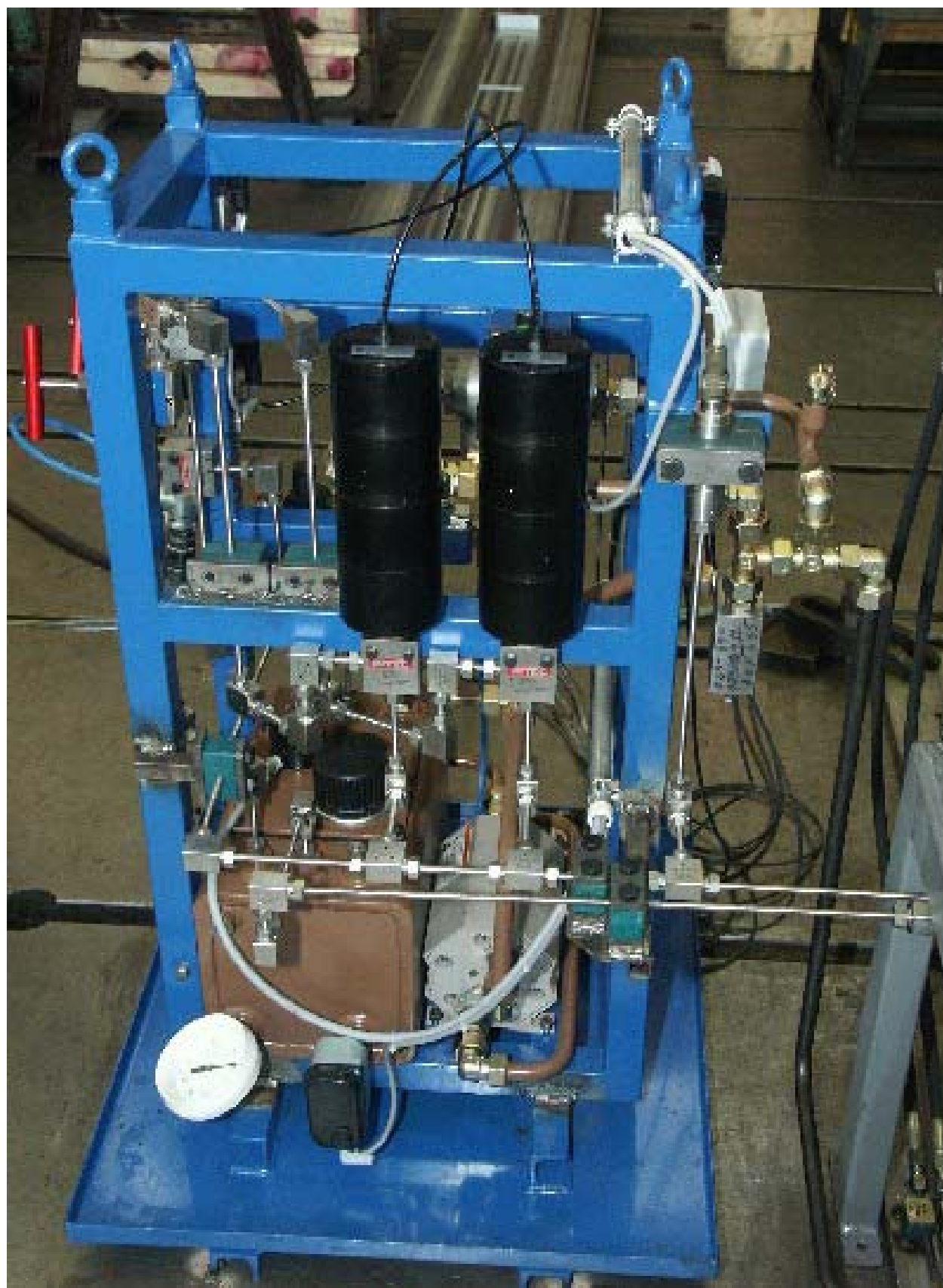
11. Literatura

Čapek F. (1972) Zařízení pro zhutňování práškových hmot. *Sborník přednášek z konference: Tváření vysokými tlaky.*

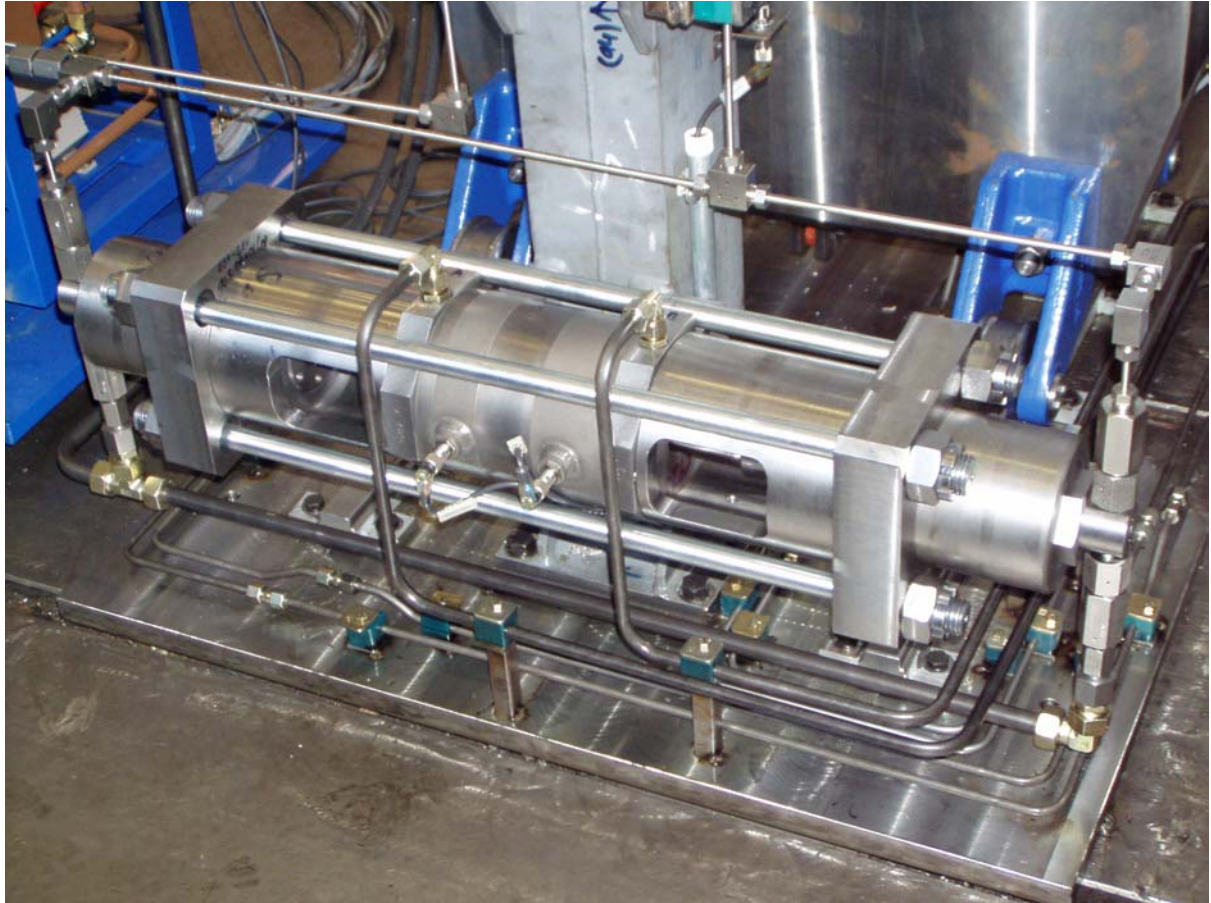
Balcar O. (1970) Všestranné lisování prášků. *Sborník přednášek z konference: Aplikace nových metod tváření vysokými tlaky.*



Obr.1 Pracovní nádoba



Obr.2 Odtlakování



Obr.3 Potrubí a multiplikátor



Obr.4 Isostatický lis CJZ 5/0150



Obr.5 Isostatický lis CYX



Obr.6 Isostatický lis CYX