



INŽENÝRSKÁ MECHANIKA 2005

NÁRODNÍ KONFERENCE

s mezinárodní účastí

Svratka, Česká republika, 9. - 12. května 2005

AN ISOSTATIC PRESS - MANUFACTURER: ŽĐAS J.S.CO.

M. Prokeš *

Summary: *This contribution deals with techniques of production based on compaction of power materials and utilization of isostatic presses for this specific purpose. The article introduces basic information on omnidirectional /isostatic/ pressing techniques. This contribution presents also examples of design solution of the individual sub-assemblies. Futhurmore, there are shown product samples made by ŽĐAS J.S.CO., that result from this technique. The matter of interest are presses series CJZ and also up-to-date isostatic presses having bean in operation with our clients.*

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.

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. Rozdílné zhutnění jednotlivých částí výlisku má za následek rozdíly v rozměrech a mechanické pevnosti, vznik vnitřního pnutí, případně trhliny na povrchu i uvnitř konečného výrobku. 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 formě. Forma je umístěna v tlakové komoře válcového tvaru, která je vyplněna 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

* Ing. Miloš Prokeš.: ŽĐAS, 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

přenáší jej spojitě na práškovou hmotu, která je tak všestranně, rovnoměrně tvarována malou deformační rychlostí.

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. Suchý výlisk vyjímáme z formy mimo tlakovou komoru. Forma není součástí tlakové komory 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. Tento postup nazýváme hydrostatické lisování v suché formě též isomatičké lisování. Isomatičké lisování je výhodné pro sériovou výrobu určitého jednoduššího tvaru výrobku o stálém rozměru např. válce, trubky atd.

Třetí postup hydrostatického lisování využívá plastické deformace speciálních organických materiálů. Tyto materiály přebírají úlohu formy i tlakového prostředí. 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 kvasi-isostatičké 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 isostatičkého lisu pro zhutňování práškových hmot

S ohledem na potřeby trhu se firma ŽĎAS a.s. věnuje isostatičkým lisům pro lisování práškových hmot v mokré formě, neboť tato technologie výroby se pro svoji flexibilitu používá nejčastěji.

Všeobecné požadavky na zařízení:

- docílit tlaky řádově ve stovkách MPa
- stanovení rozměrů 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
- odtlačování pracovního prostoru seřiditelným poklesem tlaku
- jednoduché vkládání a vyjímání formy
- měření tlaku v pracovním prostoru pro určení dosaženého tlaku

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 nových konstrukcích se pro tlaky do 300 MPa využívá pístových přímočarých hydrogenerátorů.

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. 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, zpětné ventily 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 (Obr.1), 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 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.

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 musí mít přívodní otvory – zde je pak možnost odvodu vzdušného i připojení přívodu potrubí vysokého tlaku. Přívody potrubí vysokého tlaku jsou umístěny ve spodní zátce a odvodu vzdušného v horní zátce. Z vysokotlakých těsnění zátky se osvědčilo složené kovoelastické (Obr.2).

5. Odtlakování (dekomprese)

Ve většině případů se používají dekompresní ventily. Bývají sedlové konstrukce, těsněné kov na kov. Podle použité světlosti působí zároveň jako škrtkovací element. Pokud je světlost ventilu pro škrtkování nedostačující musí být za tento člen zařazen ruční škrtkovací ventil nebo clona (Obr.3).

6. Potrubí

K propojení vysokotlakého zdroje s pracovní nádobou a napojení pomocných vysokotlakých zařízení (snímače tlaku, manometru atd.) se používá trubek z kvalitních nerezových materiálů. Přípoje trubek bývají různého provedení (dle pracovních tlaků atd.) a od různých výrobců. Tyto systémy se vyznačují dobrou těsností i po několikeré demontáži a montáži.

7. Ovládání

Ovládání primárního okruhu je provedeno tak jak je obvyklé pro pneumatiku nebo hydrauliku.

Ovládání sekundárního okruhu je provedeno přes primární okruh. Například hodnota max. tlaku sekundárního okruhu je dána 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 ŽĐAS a.s.

Firma ŽĐAS a.s. věnuje výrobě řady isostatických lisů pro lisování práškových hmot v mokré formě. Tato řada lisů nese označení CJZ (Obr.4). 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 dvojitý 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. Příklady realizací jsou ukázány na obrázku č 2-5. Pracovní kapalina je vedena vysokotlakým potrubím z nevrstvených trubek. Spojení potrubí je provedeno šroubovanými spoji s kuželovou těsnicí plochou.

Pracovní nádoba je nevrstvená. Po obrobení je nádoba tepelně zpracována a vystavena autofretážovacímu tlaku. Jeho přesná hodnota je stanovena výpočtem, který provádí specializované výpočtové oddělení firmy ŽĐAS a.s.. Konstrukční provedení spodní a horní zátky se liší dle velikosti provozního tlaku a průměru pracovního prostoru. Vysokotlaké těsnění zátky je složeno kovoelastické.

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 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 řízení je 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 řízení 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. 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.

Výhody řešení isostatických lisů firmy ŽĎAS a.s.

1. Použití dvojjinného multiplikátoru zvyšuje spolehlivost zařízení. Při poruše jednoho těsnícího prostoru je možno bezpečně dokončit tlakování i provést několik dalších tlakování při současné zvýšené době tlakování.
2. Použití řízené vícestupňové 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 vyhovět 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.

Příklady isostatických lisů firmy ŽĎAS a.s. a některé jejich parametry

CJZ 1/0306

Pracovní tlak sekundárního okruhu max.100 MPa

Pracovní prostor 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 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

(Obr.4)

Příklad modernizovaného isostatického lisu firmou ŽĎAS a.s. a některé jeho parametry

QiC 50 ASEA – GO lisu

Pracovní tlak sekundárního okruhu max.125 MPa

Pracovní prostor 630 – 3600

Pracovní tlak primárního okruhu max.14 MPa

Dodávané množství z vysokotlakého čerpadla 46 dm³/min

Čas tlakování s náplní 180 sec

Instalovaný příkon 230 kW

Lis je provozován ve firmě CERAM Nové Sady SR

(Obr.5)

Příklad hydraulického agregátu s multiplikátorem vyrobený ve firmě ŽĎAS a.s. a některé jeho parametry

HA 250 s multiplikátorem

Pracovní tlak sekundárního okruhu max.690 MPa

Pracovní tlak primárního okruhu max.320 MPa

Dodávané množství z multiplikátoru 35 dm³/min

Instalovaný příkon 60 kW

Lis je provozován ve firmě VESUVIUS ČR, a.s.

(Obr.6)

Další perspektivy isostatického lisování

Isostatické lisovací firmy ŽĎAS, a.s. se již v praxi tváření práškových materiálů v mokré formě osvědčily, ale přesto provádíme další zlepšení na těchto zařízeních. Zaměřujeme se na vývoj některých náročných a extrémně zatížených prvků, zkoušíme nové materiály pracovních pístů multiplikátoru atd.. Dále je nutné se zaměřit na problematiku bezpečnosti provozu těchto lisů z hlediska evropských harmonizovaných norem a zajistit kontrolu bezpečnosti hlavních namáhaných dílů např. pomocí akustické emise. Je třeba nadále sledovat vývojové tendence technologie isostatického tváření a na základě těchto informací vylepšovat konstrukční řešení hlavních částí lisu.

Ukázkou nového využití isostatického lisu může být použití vysokého tlaku pro prodloužení životnosti výrobků v potravinářském průmyslu viz. obrázek č. 6 a 7. Firma ŽĎAS a.s. vyrábí tyto lisovací pod označení CYX.

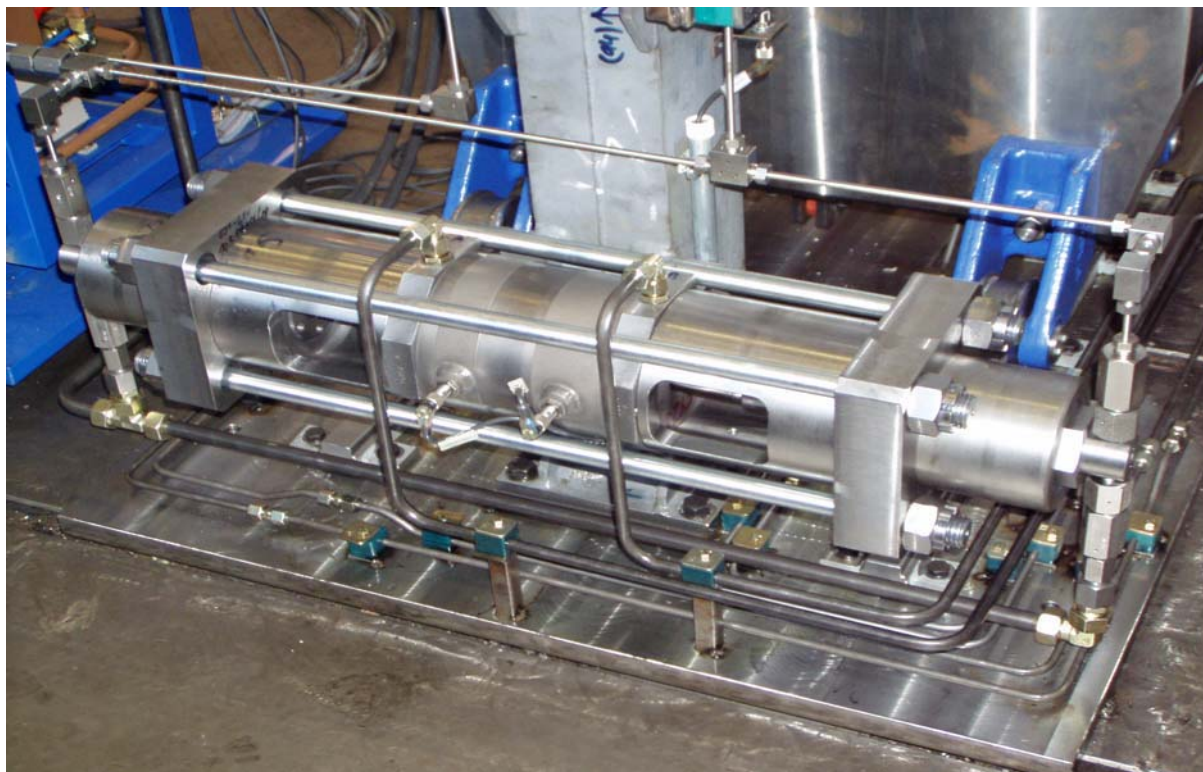
9. Závěr

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

Hlavní podmínkou pro rozšíření této technologie je spolehlivé a dostupné strojní zařízení. Tato byla splněna výrobou isostatických lisů CJZ ve firmě ŽĎAS a.s.. Další podmínkou, kterou je dokonalá znalost technologie všestranného lisování práškových hmot a její využití v praxi, začínáme naplňovat ve spolupráci s našimi zákazníky. Domnívám se, že nyní již nebrání nic většímu rozšíření této technologie i do oblastí lisování práškových hmot, ve kterých se dosud nepoužívala.

10. Literatura

- Čapek F. (1972) Zařízení pro zhutňování práškových hmot. *Sborník přednášek z konference: Tváření vysokými tlaky.*
- Balcar O. (1970) Všeestranné lisování prášků. *Sborník přednášek z konference: Aplikace nových metod tváření vysokými tlaky.*



Obr.1 Multiplikátor



Obr.2 Pracovní nádoba



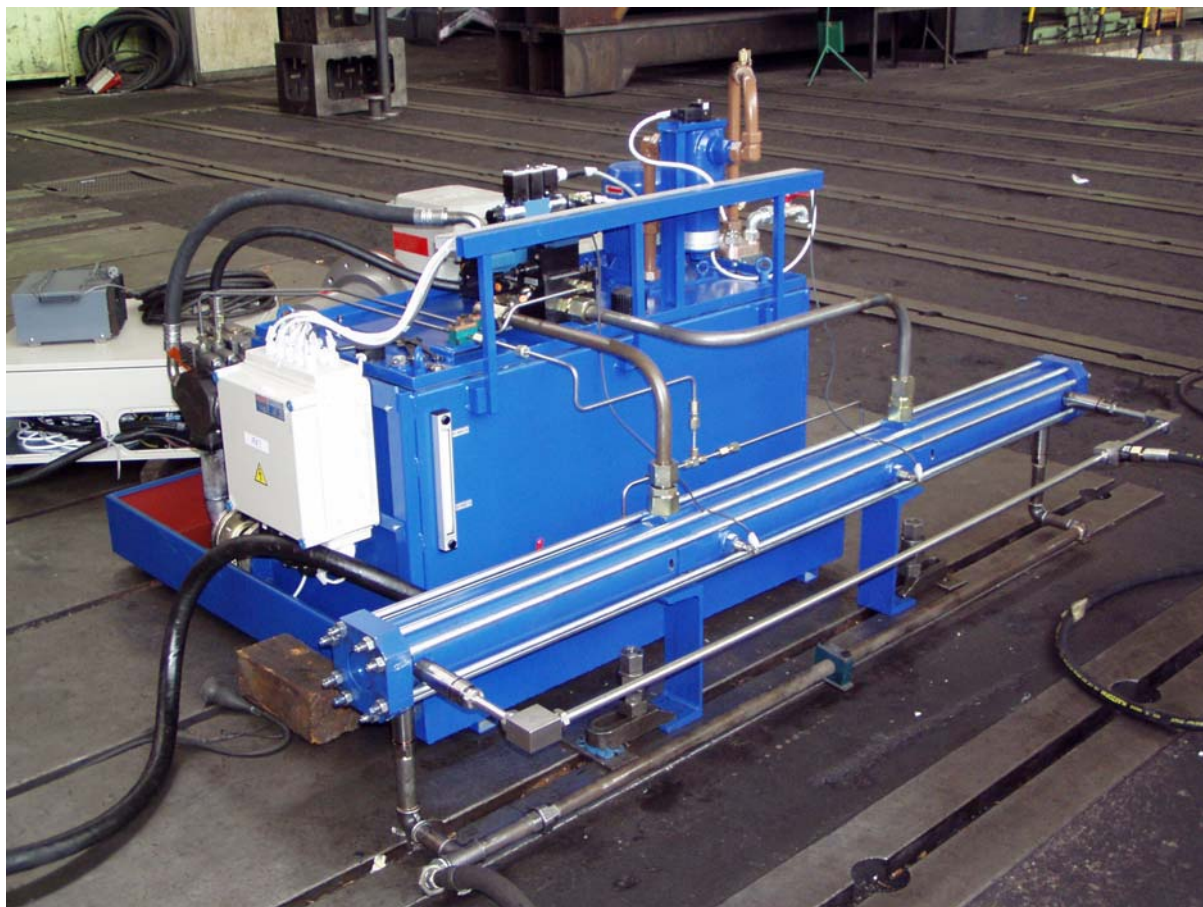
Obr.3 Odtlakování



Obr.4 CJZ 5/0105



Obr.5 QiC 50



Obr.6 HA 250 s multiplikátorem