



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

# SILOVÉ STROJE POUŽÍVANÉ VE TVÁŘENÍ

*POWER MACHINES FOR FORMING TECHNOLOGIES*

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
*BACHELOR'S THESIS*

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**PETR SEJKORA**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. KAMIL PODANÝ, Ph.D.**

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2011/2012

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Petr Sejkora

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

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Silové stroje používané ve tváření**

v anglickém jazyce:

### **Power machines for forming technologies**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o vytvoření přehledu moderních i stávajících silových strojů používaných v technologiích tváření. V práci by měl být uvedeno rozdělení, přehled a stručný popis s příklady praktického využití.

Cíle bakalářské práce:

Aktuální literární studie se zaměřením na silové stroje používané v technologiích tváření.

Seznam odborné literatury:

1. STANĚK, Jiří. Základy stavby výrobních strojů, Tvářecí stroje. Vyd. 1. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, únor 2004. 126 s. ISBN 80-7082-738-6.
2. FOREJT, Milan. Teorie tváření a nástroje. 1. vyd. Nakladatelství VUT v Brně. Brno: Rekrorát Vysokého učení technického v Brně, 1991. 187 s. ISBN 80-214-0294-6.
3. KOVÁČ, Andrej a Milan JENKUT. Tvárniace Stroje. Vyd. 1. Bratislava: ALFA vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, n. p., 1978. 814 s.
4. KOPECKÝ, Miloslav a Bedřich RUDOLF. Tvářecí stroje: Mechanické a hydraulické lisy. Vyd. 1. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, n. p., 1967. 328 s.
5. RUDOLF, Bedřich a Miloslav KOPECKÝ. Tvářecí stroje: Základy výpočtů a konstrukce. Vyd. 1. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, n. p., 1979. 408 s.
6. HÝSEK, Rudolf. Tvářecí Stroje 1971. Vyd. 1. Praha: ANTL - Nakladatelství technické literatury, 1972. 600 s.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 15.11.2011

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

SEJKORA Petr: Silové stroje používané ve tváření.

---

Bakalářská práce obsahuje charakteristiku silových strojů, základní rozdělení a stručný přehled jednotlivých typů silových strojů využívaných ve tváření. V práci jsou charakterizovány používané stroje. U každého typu je uveden základní popis a princip s příklady praktického použití.

Klíčová slova: silový stroj, tvářecí stroj, lis, tváření

## **ABSTRACT**

SEJKORA Petr: Power machines for forming technologies.

---

The bachelor thesis provides characterization of power machines, basic division and a brief overview of the various types of force machines used in metal forming. Used machines are characterized in this thesis. Basic description and principle with examples of practical usage are stated for each type of power machines.

Keywords: power machine, forming machine, press, forming

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

SEJKORA, Petr. *Silové stroje používané ve tváření*. Brno, 2012. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně dne 25. 5. 2012

.....

Podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Kamilu Podanému, Ph.D. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce.

# OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

<b>ÚVOD</b> .....	9
<b>1 MECHANICKÉ LISY</b> .....	11
<b>1.1 KLIKOVÉ LISY</b> .....	11
1.1.1 Svislé kovací lisy.....	12
1.1.2 Vodorovné kovací lisy.....	13
<b>1.2 VÝSTŘEDNÍKOVÉ LISY</b> .....	13
<b>1.3 KOLENOVÉ LISY</b> .....	14
<b>1.4 VŘETENOVÉ LISY</b> .....	15
1.4.1 Bezkotoučové vřetenové lisy.....	16
1.4.2 Dvoukotoučové vřetenové lisy.....	17
<b>2 HYDRAULICKÉ LISY</b> .....	18
<b>2.1 KOVACÍ LISY</b> .....	19
<b>2.2 TAŽNÉ LISY</b> .....	20
<b>2.3 VYTLAČOVACÍ LISY</b> .....	21
<b>2.4 PROTLAČOVACÍ LISY</b> .....	22
<b>2.5 DÍLENSKÉ LISY</b> .....	22
<b>2.6 RAZÍCÍ LISY</b> .....	23
<b>3 ZÁVĚR</b> .....	24

Seznam použitých zdrojů

## ÚVOD [5] [10] [11] [18] [21] [22] [24] [31]

Požadavky na stavbu jednoúčelových a speciálních strojů s automatickým pracovním cyklem a také na tvářecí linky a komplexní technologické celky s vysokou pracovní produktivitou mají za následek, že v poslední době nastává veliký kvantitativní rozvoj tvářecích strojů. Důraz je kladen především na stavebnicové provedení zařízení

Snahou konstruktérů je zvyšovat technické parametry strojů, vylepšovat energetickou bilanci a zvyšovat spolehlivost a bezpečnost provozu.

Tváření má hlavně tyto přednosti:

- a) výrobek je možné vytvořit ve velmi krátkém čase
- b) při mnohých tvářecích operacích jsou velmi malé ztráty materiálu
- c) při tváření se zlepšují mechanické vlastnosti materiálu

Silový tvářecí stroj (neboli lis) je tvářecí stroj, který pracuje převážně tlakem pracovní části, která koná přímočarý vratný pohyb a je trvale spojena s hnacím ústrojím.

Lisy se dají rozdělit na 2 hlavní skupiny – hydraulické a mechanické.



Obr. 1 Příklad vřetenového lisu [31]

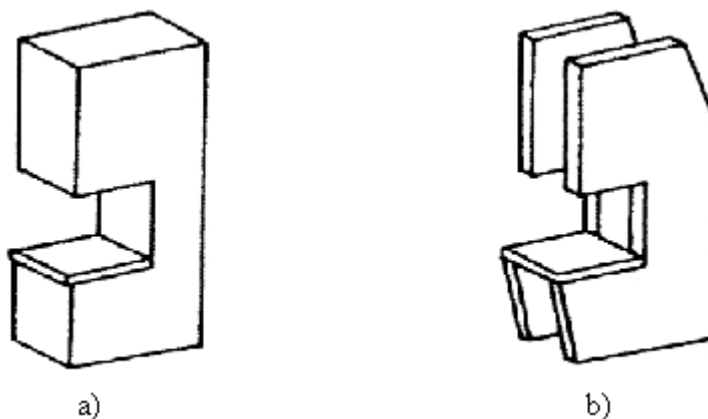


Obr. 2 Příklad hydraulický lisu [5]

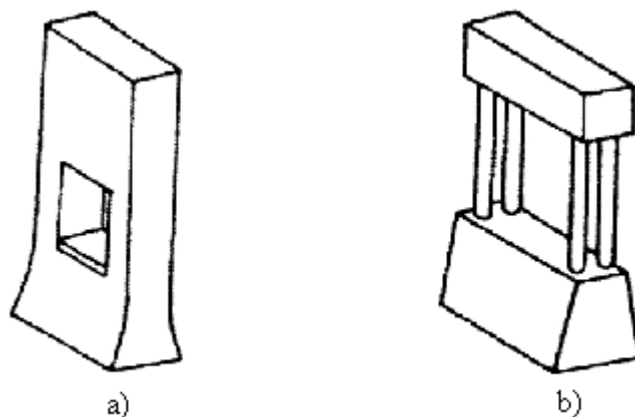


Obr. 3 Příklad klikového lisu [11]

Jednou z hlavních částí lisů je jejich rám neboli stojan. Stojany mohou být otevřené (tvar C) nebo uzavřené (tvar O). Otevřené stojany jsou jedno stojanové (obr. 4a) a dvou stojanové (obr. 4b) a skládají se ze stojiny a stolu. Uzavřené stojany jsou složeny z příčnicku, stojin a stolu a jsou celistvé, viz obr. 5b nebo dělené (sloupové) viz obr. 5a.



Obr. 4 Otevřené stojany [18]



Obr. 5 Uzavřené stojany [18]

Stojany lisů slouží k uchycení všech částí lisu a k zachytávání sil lisů, které vznikají při tváření. Stojany by měly být dostatečně tuhé, pevné, stabilní, lehké, měly by zabírat malou půdorysnou plochu a měl by být zabezpečen snadný odvod výrobků a odpadu z pracovního prostoru. Stojany dosahují až 80 % celkové hmotnosti lisu.

Otevřené stojany mají výhodu, že dovolují volný přístup k pracovnímu místu ze tří stran. Tyto stojany jsou však málo tuhé. Vyrábějí se jako odlitky nebo svařence. Svařované otevřené stojany jsou tužší a lehčí než odlévané. Odlévané stojany se používají pro sériově vyráběné lisy.

Uzavřené stojany jsou tužší než otevřené, avšak přístup k pracovnímu prostoru lisů, které mají tyto stojany je horší. Pro lisy s malou jmenovitou silou se uzavřené stojany vyrábějí jako odlitky a pro větší jmenovité síly se používají stojany dělené a svařované. Dělené stojany mají tu výhodu, že při montáži lisu se jednotlivé součásti stojanu stáhnou, aby se vytvořilo předpětí, které zabraňuje uvolnění spojů při zatížení.

U hydraulických lisů na volné kování se používají uzavřené dělené sloupové stojany. Skládají se z horního a dolního příčnicku, které jsou spojené sloupy. Tyto stojany jsou lehké a zabezpečují dobrý přístup k pracovnímu prostoru lisu.

## 1 MECHANICKÉ LISY [10] [18] [27]

Mechanické lisy jsou nejrozšířenější tvářecí stroje. K přenosu energie používají různé výkonné mechanismy – např.: klikový, výstředníkový, kolenový, vačkový, vřetenový a třecí. Nejpoužívanějším mechanismem je mechanismus klikový.

Mechanické lisy mají několik charakteristických parametrů:

- jmenovitá síla  $F$  – největší dovolená síla, kterou může být lis zatížen
- jmenovitý zdvih  $h$  – dráha, na které působí lis jmenovitou silou
- celkový zdvih beranu  $H$

Mechanické lisy lze podle převodového mechanismu rozdělit na:

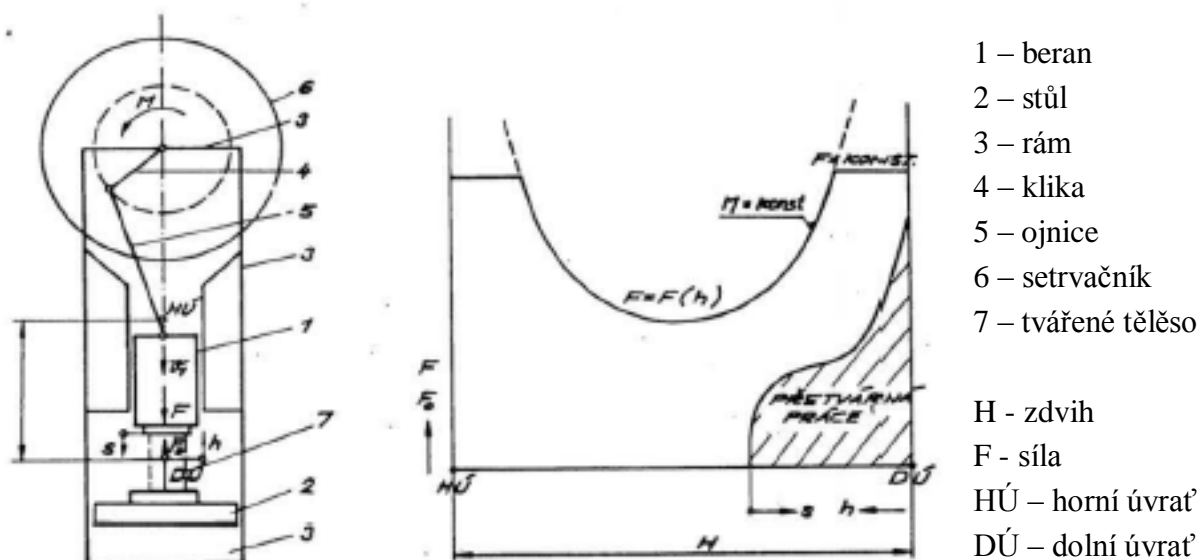
- klikové
- výstředníkové
- kolenové
- vřetenové

### 1.1 KLIKOVÉ LISY [10] [22] [24] [27]

K přenosu síly od pohonu na tvářený materiál používají klikový mechanismus (obr. 6). Tento mechanismus mění otáčivý pohyb kliky 4 na přímočarý posuvný pohyb beranu 1 pomocí ojnice 5. Síla  $F$  a rychlost beranu lisy jsou funkcí zdvihu  $h$ . Síla roste blízko úvrátí teoreticky bez omezení, a v určité části zdvihu se předpokládá konstantní.

Obvyklé konstrukční provedení klikového lisu je takové, že elektromotorem je přes klínové řemeny poháněn setrvačnick 6 s vestavěnou spojkou a dále přes ozubené převody klikový hřídel nebo klikové kolo klikového mechanismu.

Vyrábějí se pro velikost jmenovité síly v rozsahu 0,63 MN až 10 MN a využívají se pro plošné tváření (stříhání, uhýbání, děrování), a také pro objemové tváření – tzv. klikové kovací lisy.

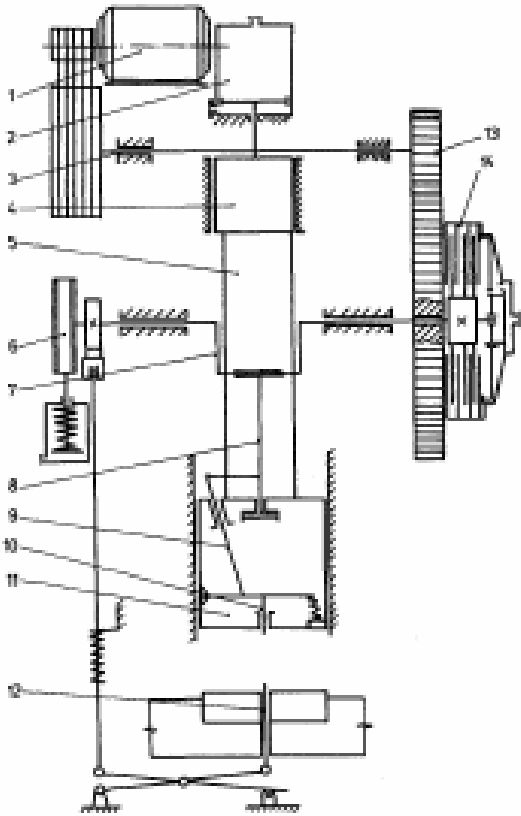


Obr. 6 Schéma klikového lisu a průběh síly [22]

Klikové lisy jsou univerzální stroje s využitím v objemovém i plošném tváření. Konstruují se jako jednobodové, dvoubodové a čtyřbodové. Jelikož jsou tyto lisy velmi univerzální, mohou být začleněny do tvářecích linek, kde mohou vykonávat různé operace jako je stříhání, tažení, ohýbání, kování a další.

### 1.1.1 Svislé kovací lisy [6] [9] [10] [26] [27]

Svislé kovací lisy (obr. 7) se používají na tváření za tepla. Konstruuji se se jmenovitou silou 2 až 120 MN, zdvihem beranu (11) 200 až 500 mm, počtem 35 až 110 zdvihů za minutu a výkonem elektromotoru (1) 20 až 500 kW. Hlavní znaky těchto lisů jsou tuhá konstrukce hlavních částí, zesílené a prodloužené vedení (4) beranu, větší počet zdvihů beranu. Konstrukce lisu musí být masivní, aby se stůl lisu nedeformoval. Klikový mechanismus (7) musí být také dostatečně tuhý, jeho tuhost je dána krátkou ojnicí (8), excentrickým hřídelem, masivním beranem a dvojmístným vedením (nahore a dole). Svislé kovací lisy mají rychle přestavitelné smýkadlo, příčně uložený hřídel, horní (10) a spodní (12) vyhazovač a zařízení na uvolnění zaseknutého beranu.



Obr. 7 Schéma svislého kovacího lisu [27]

K zaseknutí beranu může dojít v případě, kdy nejsou dodrženy dané technologické podmínky – např. pokles kovací teploty, překročení tvářecí síly nad jmenovitou. Při zaseknutí beranu se pružně roztahuje stojan lisu a součásti klikového mechanismu se stlačují nebo ohýbají. Abychom dostali lis ze zaseknutí, je nutné, aby měl reverzační otáčení. Velké zaseknutí se dříve odstraňovalo rozřezáním zápustky nebo některých členů pohonu. V současnosti mají

kovací lisy klínový mechanismus, který ulehčuje rozklínování hlavního mechanismu (zbylé pozice u obr. 6: 2 – vyvažovací zařízení beranu, 3 – předlohový hřídel, 5 – chobot, 6 – brzda, 9 – ovládání beranu, 13 – ozubený převod, 14 – spojka).

Svislý kovací lis LZK 4000 B (obr. 8) má jmenovitou tvářecí sílu 40 MN, zdvih 380 mm, sevření 1000 mm a počtem 60 zdvihů za minutu. Rozměr stolu lisu je 1520x1600 mm a rozměr beranu 1470x1500 mm. Tento lis vyrábí Šmeral Brno a.s. a je vhodný pro přesné zápustkové kování a kalibrování výrobků v hromadné výrobě strojních součástí.

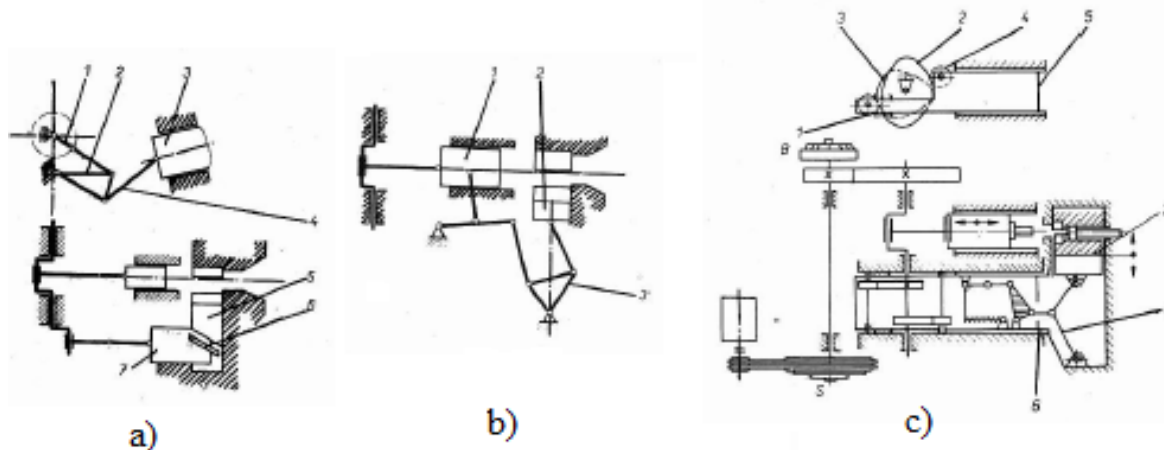
Svislé kovací lisy používají na tváření velmi velkou sílu až 120 MN, proto jsou zejména vhodné na objemové tváření. Vzhledem k tomu, že mohou vyvodit takto velkou sílu, musejí být i dostatečně tuhé, aby se nedeformovaly a aby byla zaručena přesnost výrobku. Z toho plyne, že mají velkou hmotnost a k usazení musejí mít dostatečně velké základy.



Obr. 8 Svislý kovací lis [9]

### 1.1.2 Vodorovné kovací lisy [10] [20] [27]

Vodorovné kovací lisy jsou určeny na kování různých výkovků z tyčového materiálu. Konstruují se se jmenovitou silou maximálně 30 MN, používají se pro kování s výronkem i bez něj. Hlavním znakem těchto lisů jsou vícedílné zápustky, které se rozevírají ve dvou vzájemně kolmých rovinách. Otvírání a zavírání zápustek je zabezpečeno pomocí svíracího mechanismu, který je spojen s beranem. Nepohyblivá polovina zápustky je upevněna na stojanu lisu. Protože se nejčastěji kove v uzavřené zápustce bez výronku, musí se do zápustky vkládat tyč, jejíž objem odpovídá objemu výkovku. Svírací mechanismus u vodorovných kovacích lisů může být klikovo – pákový dvojklinový (obr. 9a) nebo klikovo – páko – kolenový (obr. 9b) a nebo vačkově – smýkadlo kolenový (obr. 9c).

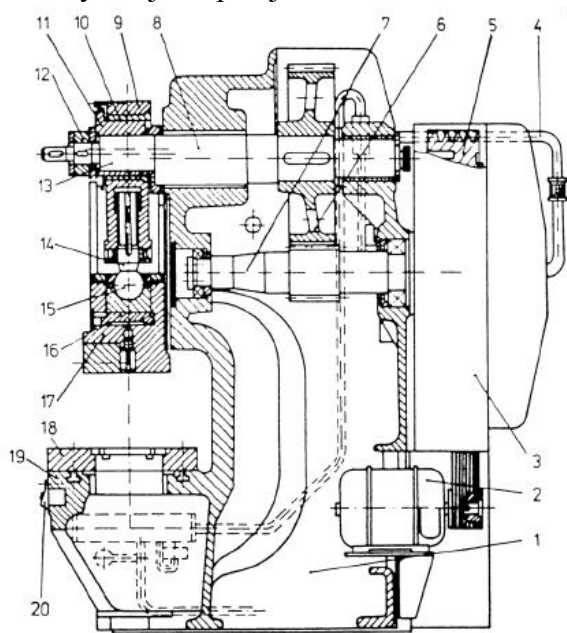


Obr. 9 Příklady svíracího mechanismu zápustek [103]

Vodorovné kovací lisy používají oproti svislým kovacím lisům asi o 2/3 menší tvářecí sílu. Protože se používají na přesné zápustkové kování, musejí mít velmi tuhou konstrukci. Znáмым výrobcem těchto lisů je Šmeral Brno a.s.

### 1.2 VÝSTŘEDNÍKOVÉ LISY [10] [13] [14] [18] [22] [27]

Vyrábějí se pro jmenovitou sílu v rozsahu 0,25 MN až 4 MN a používají se na stříhání, děrování, ohýbání, mělké tažení další operace plošného tváření. Typickou vlastností výstředníkových lisů je přestavitelnost zdvihu beranu výstředníkovým pouzdem umístěným na výstředníkovém čepu 13. Beran 17 je veden po vodících lištách ve stojanu. Výškové přestavení polohy beranu je umožněno dělenou ojnicí 14 a kulovým čepem 15. Na velkých výstředníkových lisech se beran přestavuje elektrickým pohonem, krajní polohy jsou zabezpečeny koncovými spínači a hmotnost beranu vyvažuje pneumatické nebo hydraulické vyvažovací zařízení. Proti přetížení je lis zabezpečen střížnou pojistkou. Výstředníkový hřídel je uložen příčně nebo podélně v bronzových ložiskách a je poháněn přes převod ozubenými koly. Spojky a brzdy se používají lamelové a jsou ovládány pneumaticky a pomocí pružin.



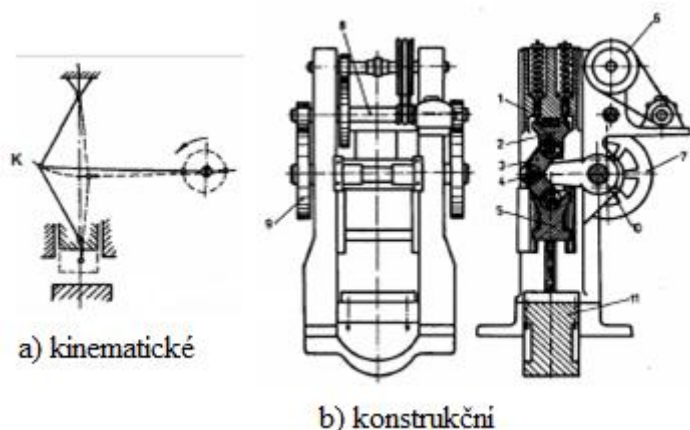
Obr. 10 Výstředníkový lis [18]

U lisů se jmenovitou silou nad 1,6 MN se používají spojky brzdy jednokotoučové, protože se málo opotřebovávají a mají velkou životnost. Stroj se spouští ručně nebo nožně. Výstředníkové lisy mohou být jednostranné (otevřené) nebo dvoustranné (uzavřené) konstrukce a vyrábějí se jako naklápěcí (horní část spolu se stolem se dá naklopit až o 30° oproti dolní části). Funkční schéma výstředníkového lisu je vidět na obr. 10.

Protože lze výstředníkových lisů snadno a rychle přestavovat zdvih beranu nacházejí široké uplatnění při různých operacích a v různých provozech. Výstředníkové lisy se vyrábějí také jako rychloběžné, proto je lze uplatnit v tvářecích automatizovaných linkách při sériové výrobě. Používá je např. firma Klein & Blažek spol. s r.o. (výstředníkový lis LEN 63C) na tváření kovových dílů pro automobilový průmysl a firma Labit a.s. (výstředníkový rychlolis HAULICK - ROOS Typ: RVD 32 - 720 HS ) pro plošné tváření z různých kovových materiálů.

### 1.3 KOLENOVÉ LISY [6] [10] [22] [24] [25] [27]

K přenosu síly z pohonu na tvářený materiál používají klikový mechanismus s připojenou binární dvojicí (tzv. kolenový kloub). Tímto kolenovým mechanismem lze dosáhnout velkých sil (na konci zdvihu až pětkrát větších než u klikových lisů stejných rozměrů) při malém výkonu hnacího motoru. Proto mají kolenové lisy při stejných jmenovitých silách menší rozměry než lisy klikové. Zdvih beranu u těchto lisů je konstantní a beran je výškově přestavitelný. Schéma kolenového lisu je vidět na obr. 11.



- 1 – klín
- 2, 3, 4 – kolenový mechanismus
- 5 – beran
- 6 – pohon
- 7- setrvačnick
- 8 – předlokový hřídel
- 9 – převod
- 10 – klikový mechanismus
- 11 – stůl
- K – kolenový kloub

Obr. 11 Schéma kolenového lisu [27]

Kolenový razící lis Šmeral LLR 1000 (obr. 12) je svislý s horním pohonem. Stojan skříňového tvaru O je svařen z ocelových plechů a profilů. Beran lisu z lité oceli je při pohybu pneumaticky vyvažován a je zavěšen na čepu kolenového mechanismu. Beran lze výškově přestavovat pomocí horního výstředního čepu kolenového mechanismu. Tento lis je určen pro ražení, protlačování, kalibrování a rovnání plochých i tvarových součástí za tepla i za studena. Zvláště je vhodný pro kalibrování složitých zápusťkových výkovek pro automobily, traktory, letecký průmysl a ostatní přesné strojní součásti. Kolenový lis LLR 1000 má jmenovitou sílu 10 MN, zdvih 140 mm a počet zdvihů za minutu je 36.



Obr. 12 Kolenový lis LLR 1000 [25]

Pracovní plocha beranu má rozměry 710 x 630 mm a pracovní plocha stolu 910 x 950 mm. Hlavní rozměry stroje jsou (délka x šířka x výška) 2700 x 2200 x 3800 mm a jeho váha 36040 kg.

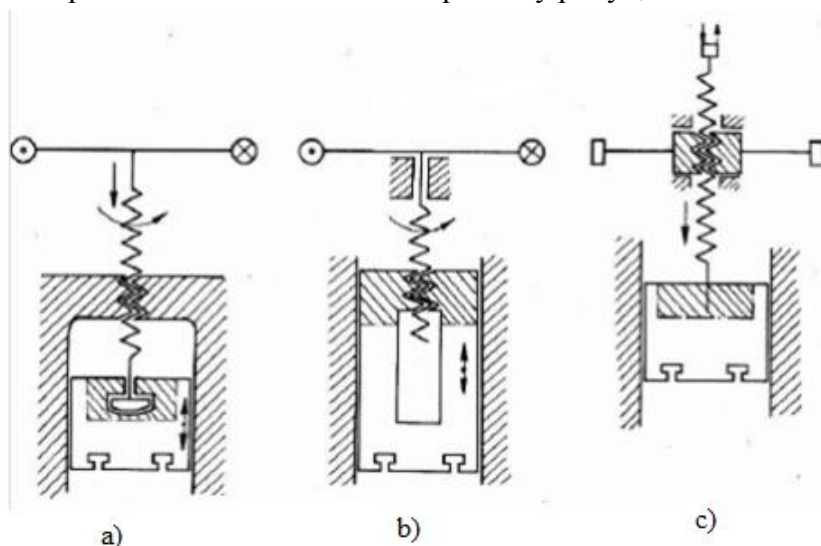
Hlavní výhodou těchto lisů oproti klikovým je, že při stejném dodávaném výkonu mohou vyvinout daleko větší tvářecí sílu. Z toho vyplývá, že při stejné tvářecí síle jsou tyto stroje menší a tím i lehčí. Proto jsou na výrobu výrobků, kde je třeba velká tvářecí síla a není velký prostor např. v práškové metalurgii. Tyto stroje také nacházejí velké uplatnění při ražení mincí, výrobě příborů a podobných drobných výrobků. U nás (v ČR) tyto lisy vyrábí hlavně Šmeral Brno a.s.

#### 1.4 VŘETENOVÉ LISY [10] [24]

Vřetenové lisy používají k tváření kinetickou energii nahromaděnou v hmotách, které konají rotační (vřeteno se setrvačником nebo bez něj) a translační (beran) pohyb. K přenosu síly se používá poháněcí mechanismus skládající se z vřetena (pohybový vícechodý šroub s lichoběžníkovým závitem) a matice. Na rozdíl od předchozích typů mechanických lisů není zdvih beranu omezen, což umožňuje tvářet materiál i několika následnými údery.

Poháněcí mechanismus se dá rozdělit na 3 typy:

- vřeteno se pouze otáčí a matice s beranem koná posuvný pohyb – lisy s tímto typem mechanismu se vyrábějí s horním úderem beranu a používají se na výrobu předkovků, viz obr. 13a
- vřeteno se otáčí a zároveň koná posuvný pohyb (matice je pevně spojena s rámem) – tyto lisy jsou univerzální a vyrábějí se s velkým zdvihem beranu dole, viz obr. 13b
- otáčí se pouze matice a vřeteno koná posuvný pohyb, viz obr. 13c

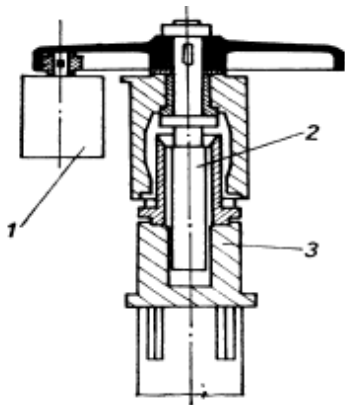


Obr. 13 Typy vřetenových poháněcích mechanismů [103]

Poháněcí mechanismus se dává do pohybu pomocí převodového mechanismu. Nejrozšířenější převodový mechanismus je třecí, protože je jednoduchý a spolehlivý. Jeho nevýhodou však je, že při změně pohybu beranu (tj. nahore a dole) vznikají velké ztráty v důsledku prokluzu třecích kotoučů. Převodový mechanismus může mít několik typů: bezkotoúčový, jednokotoúčový, dvukotoúčový a třikotoúčový.

Hlavní přednosti vřetenových lisů jako je univerzálnost, jednoduchá konstrukce a nízké výrobní náklady jsou důvodem širokého použití těchto lisů.

#### 1.4.1 Bezkontaktné vřetenové lisy [10] [17] [20] [27] [28] [29]



Bezkontaktné vřetenové lisy odstraňují nedostatky třecích mechanismů – tj. prokluzávání.

Na obr. 14 je zobrazeno schéma bezkontaktného vřetenového lisu. Setrvačnick lisu je roztáčen přes ozubený převod elektromotorem 1, který je vybaven reverzační otáček. Setrvačnick je přímo spojen s vřetenem lisu. Beran 3 je proti pootočení uležen ve vedení. Při vypnutí elektromotoru je beran držen v horní úvratí pomocí brzdy.

Obr. 14 Schéma bezkontaktného vřetenového lisu [20]

Vřetenové lisy LVE (obr. 15) jsou bezkontaktné lisy s přímým pohonem vřetene speciálním nízkotáčkovým asynchronním elektromotorem řízeným frekvenčním měničem. Systémem řízení motoru je zajištěno optimální využití energie se spotřebou závislou na nastavených parametrech s vysokou účinností. Tato koncepce řízení umožňuje přesné dávkování tvářecí energie, odvozené od rychlosti beranu a s brzděním zpětného pohybu beranu elektromotorem



Obr. 15 Vřetenový lis bezkontaktný LVE 1000 [29]

a rekuperací energie do sítě. Dlouhé seřiditelné vedení ve tvaru X zajišťuje vysokou přesnost výkovek i při excentrickém působení tvářecí síly. Lisy jsou vybaveny pneumatickým vyvažováním beranu, které zabraňuje pádu beranu při poruše vřetene. Lis LVE 1000 (Obr. 15) má jmenovitou sílu 10000 kN, maximální sílu 16000 kN, maximální energie setrvačnicku 110 kJ, počet zdvihů za minutu je 20 a maximální zdvih 500 mm.

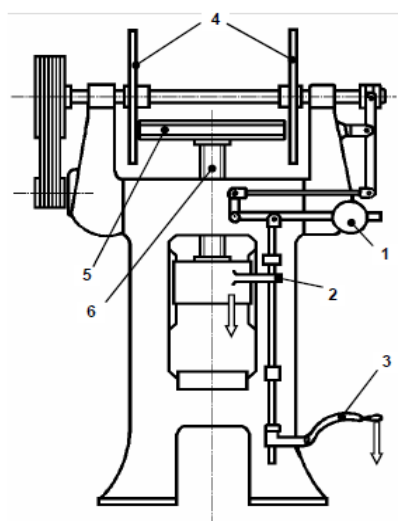
Velkou výhodou bezkontaktných vřetenových lisů je, že při změně pohybu beranu nedochází k prokluzu, má také menší rozměry díky absenci třecích kotoučů. Výhoda je také ta, že nepotřebujeme dodávat tak velký výkon na překonání velkých setrvačných hmot. Tyto lisy se však musejí chránit proti přetížení např. zabudovanou spojkou. Bezkontaktné vřetenové lisy vyrábí firma ŽDAS a.s. se sídlem ve Žďáru nad Sázavou. Jsou vhodné pro tvářecí za tepla i za studena a také pro přesné zápusťkové kování.

### 1.4.2 Dvoukotoučové vřetenové lisy [6] [10] [19] [27]

Vřetenové dvoukotoučové lisy (obr. 16) patří mezi nejrozšířenější lisy. Na vodorovném hnacím hřídeli jsou uloženy dva hnací kotouče 4, které střídavě pohánějí setrvačnický 5 nasazený na vřeteně 6. Přitlačením levého nebo pravého třecího kotouče k obvodu setrvačnicku dostane vřetenem otáčivý pohyb v jednom nebo druhém směru a beran se pohybuje nahoru nebo dolů. Při pohybu vřeten s beranem dolů se zvětšuje poloměr stykové kružnice mezi setrvačnickem a kotoučem, čímž se rychlost beranu neustále zvyšuje. Při přiblížení beranu k výrobku se hnací kotouč oddálí od setrvačnicku a setrvačnick s beranem vykonají práci. Jelikož pohybový šroub není samosvorný, tak se po vykonání práce vrátí s přebytkem energie zpět.



Obr. 17 Lis vřetenový dvoukotoučový LVR 400 A 3 [19]



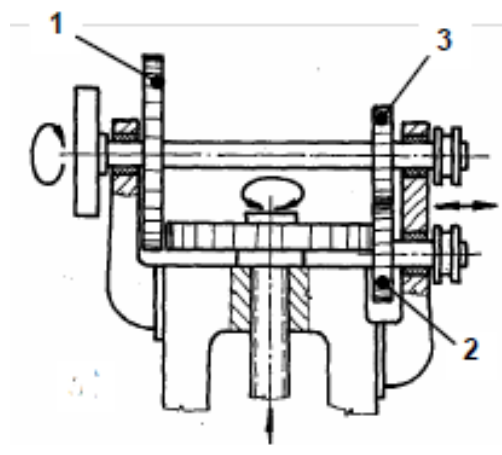
Obr. 16 Dvoukotoučový vřetenový lis [27]

Na obr. 17 vidíme vřetenový dvoukotoučový lis LVR 400 A 3 od výrobce ŽDAS a.s. se sídlem ve Žďáru nad Sázavou. Rozměry lisu jsou S x L x V 3300x2350x4480mm, jeho hmotnost je 20582 kg a je poháněn elektromotorem o výkonu 30kW. Tento lis může vyvinout maximální sílu o velikosti 400 tun a je určen pro přesné zápusťkové kování, kování méně objemných výkovků, ohýbání, kalibrování a rovnání.

### 1.4.3 Tříkotoučové vřetenové lisy [10] [27]

Velké ztráty účinnosti a opotřebení stykové ploch při prokluzování kotoučů při zdvihání beranu vedli ke konstrukci tříkotoučového vřetenového lisu (obr. 18).

Při spuštění beranu dolů jsou poměry na lisu stejné jako u dvoukotoučového lisu (setrvačnický je ve styku s třecím kotoučem 1). Při zdvihání beranu se však setrvačnický dotýká třecího kotouče 2 na malém stykovém poloměru, kde je malá obvodová rychlost a ztráty z toho vyplývající jsou tedy malé. V průběhu zdvihání beranu se obvodová rychlost setrvačnicku postupně zvyšuje, dokud styk nepřejde na třecí kotouč 3. Tam se rychlost začne postupně zmenšovat stejně jako na dvoukotoučovém lisu.



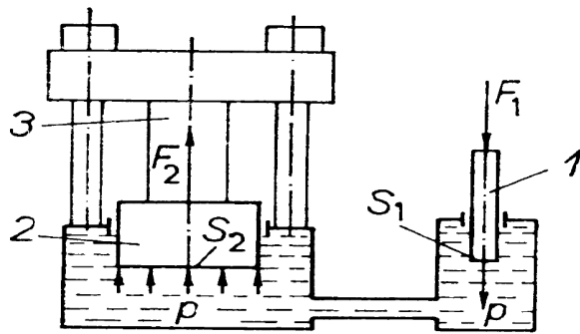
Obr. 18 Tříkotoučový vřetenový lis [27]

Dvoukotoučové a tříkotoučové vřetenové lisy jsou nejpoužívanější díky své jednoduché konstrukci a ochraně proti přetížení pomocí třecích kotoučů. Jejich nevýhodou je větší velikost. Tříkotoučové lisy jsou výhodnější než dvoukotoučové, protože menší ztráty a z toho vyplývající menší opotřebení třecích kotoučů. Dvou a tříkotoučové lisy se používají na děrování, ostříhování, ohýbání.

## 2 HYDRAULICKÉ LISY [10] [18] [24]

Hydraulické lisy jsou lisy, u kterých je pracovní síla beranu vyvozena hydraulickým převodem tlakové energie pracovní kapaliny.

Princip těchto lisů, viz obr. 19 je založen na Pascalově zákoně. Píst 1 působí na kapalinu silou  $F_1$ , pod pístem vzniká tlak  $p$ , který je v celém objemu kapaliny stejný, na píst 2 působí síla  $F_2$ , kterou píst tlačí na tvářený materiál 3.



Obr. 19 Princip činnosti hydraulického lisu [103]

Ve srovnání s mechanickými lisy mají hydraulické lisy tyto výhody:

- mohou vyvinout sílu až 1000 MN
- při tváření lze lehko dosáhnout konstantní rychlosti a tlaku
- tlak i rychlost se dají plynule regulovat
- jmenovitou sílu lze vyvodit v libovolném místě zdvihu

Nevýhody hydraulických lisů oproti mechanickým:

- složitá konstrukce pohonu
- pomalejší rychlost beranu
- vyšší výrobní náklady

Hydraulické lisy je možno dle technologického využití rozdělit na:

- kovací
- tažné
- vytlačovací
- protlačovací
- dílenské
- razící

Důležitou částí hydraulických lisů je jejich pohon. Hydraulický pohon může být přímý (čerpadlový), nepřímý (akumulátorový), multiplikátorový a kombinovaný.

Přímý (čerpadlový) hydraulický pohon:

- tlak pracovní kapaliny je proměnný a závisí na odporu pístu
- rychlost pístu je závislá jen na množství kapaliny čerpadly
- výkon čerpadla musí odpovídat maximálnímu požadovanému výkonu stroje.
- tento pohon je jednoduchý a tudíž levný.

Nepřímý (akumulátorový) hydraulický pohon:

- akumulátor slouží jako zdroj tlakové energie.
- tlak kapaliny za akumulátorem je konstantní
- energie nahromaděná v akumulátoru umožňuje v krátké době dosáhnout rychlosti pístu až 10 m/s
- nižší účinnost než u přímého pohonu

Multiplikátorový pohon:

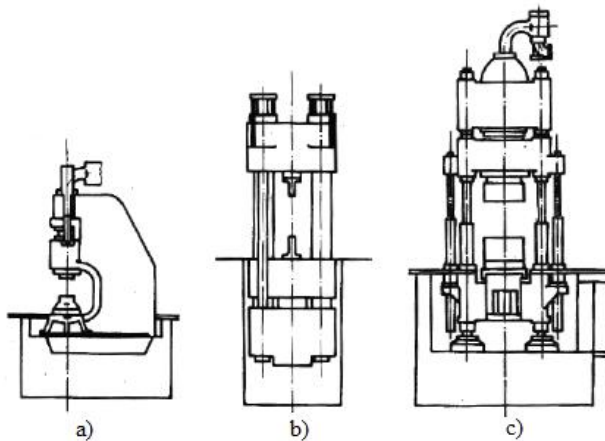
- multiplikátor slouží ke zvýšení tlaku kapaliny dopravované do hydromotoru na 40 až 100 MPa
- multiplikátor je sestava dvou válců různých průměrů

Kombinovaný pohon:

- různá kombinace pohonů uvedených výše

## 2.1 KOVACÍ LISY [1] [6] [8] [10]

Hydraulické kovací lisy jsou určeny pro volné kování a objemové tváření. Tyto lisy pracují v nejtěžších podmínkách, kde je vysoká teplota součástí, které jsou v pracovním prostoru. Z toho plyne, že pracovní kapalina (voda s 2 až 3% přísad) musí být chlazena. Typickými zástupci hydraulických kovacích lisů jsou lisy, které se konstruují jako jednosloupové (obr. 20a) a mají jmenovitou sílu 5 až 12 MN, dvousloupové viz obr. 20b (beran má doplňkové vedení, což snižuje velikost ohybového momentu ve sloupech lisu) a čtyřsloupové viz obr. 20c (vyrábějí se až do jmenovité síly 150 MN).



Obr. 20 Druhy konstrukce kovacích lisů [103]

Hydraulický kovací lis CKV 12000 (obr. 21) má robustní vertikální čtyřsloupovou konstrukci a je hornotlaký. Lisovací válce s plunžry, které jsou pro zvýšení životnosti opatřeny nerezavějícím tvrzeným povrchem, jsou uloženy v horní traverze, jež je vedena robustními pouzdry po sloupech lisu. Ve spodní traverze je umístěn kovací stůl s podélným posuvem s vedením pro upevnění kovadel. Horní kovadlo je uchyceno v plunžrové traverze pomocí hydraulických upínačů. Dálkové ovládání lisů prostřednictvím elektrohydraulického systému se provádí z pultu lisu příslušnými tlačítky a ovladači. Do ovládacího systému je začleněno zařízení na rychlé kování kvůli vyhlazení výkovek. Pohon tohoto lisu je řešen akumulátorovou stanicí a kapalinou je emulze vody s olejem. Lisovací síla lisu CKV 1200 je 120 MN, pracovní tlak 32 MPa, má 3 pracovní válce, počet kovacích zdvihů 15 až 20 za minutu a počet hladících zdvihů je 100 až 200 za minutu. Zdvih plunžrové traverzy je 3000 mm, světlá výška lisu (mezi traverzami) 6500 mm, šířka horní traverzy 4000 mm a výška lisu nad podlahou 18900 mm. Lis se používá na volné kování, pěchování a kování na trnu. Je vhodný pro práce s výstředným zatížením do 1/10 pracovního zdvihu.



Obr. 21 Kovací lis CKV 12000 [8]

Hydraulické kovací lisy CKW (obr. 22) jsou dolůtažné. Mají dvousloupovou vertikální konstrukci s dlouhým vedením pohyblivého rámu. Lisovací válce jsou uloženy v nepohyblivé střední traverze. Válce působí na spodní příčník pohyblivého rámu směrem dolů. Kovadlo, které je uchyceno



Obr. 22 Hydraulický kovací lis CKW 4000 [1]

v horním příčnicku, je vtahováno do materiálu. U lisů se jmenovitou silou 6,3 až 10 MN je pohyblivý rám odlitý z jednoho kusu a je použito jednoválcové provedení. Lisy se jmenovitou silou 16 až 70 MN mají rám skládaný a spoje sloupů s traverzami jsou předeptaté. Lisy nad 70 MN jsou provedeny buď s jedním, nebo se třemi pracovními válci. Provedení se třemi pracovními válci umožňuje zvolit velikost tvářecí síly tím, že se aktivuje jeden, dva nebo všechny tři válce. Všechny pohyby lisu jsou snímány snímači a tyto údaje jsou přenášeny do řídicího počítače. Lisy CKW se používají pro volné kování, pěchování, děrování a kování na trnu a jsou vhodné pro provozy, kde je požadována malá výška lisu nad podlahou, ale musejí být hlubší základy. Lis CKW 4000 (obr. 22) má jmenovitou tvářecí sílu 40 MN, zpětnou sílu 8,9 MN, zdvih 2500 mm, maximální otevření 5100 mm, tvářecí rychlost 70 mm/s, 70 až 80 hladicích zdvihů za minutu a celkový instalovaný příkon lisu je 3200 kW. Výška lisu nad podlahou je 8700 mm, pod podlahou 11000 mm, celková délka 21500 mm a celková šířka 21000 mm.

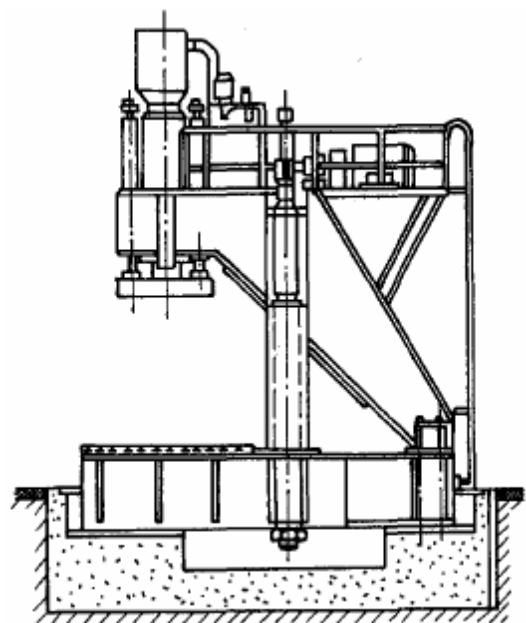
Hydraulické kovací lisy jsou vhodné pro použití na kování velmi velkých výkovků díky tomu, že jsou schopny vyvodit velkou tvářecí sílu. Proto se používají v těžkých provozech. Jejich hlavní nevýhodou je velmi vysoká pořizovací cena a velká konstrukce. V České republice tyto lisy vyrábí ŽDAS, a.s. Žďár nad Sázavou a TS Plzeň a.s. používají se např. v ŠKODA STEEL Plzeň a ve Vítkovicích.

## 2.2 TAŽNÉ LISY [10] [15] [22] [27]

Tažné lisy se používají na tváření plechu (ohýbání, rovnání, lemování) a také na montážní práce – např.: lisování pouzder a čepů. Vyrábějí se se jmenovitou silou 2,5 až 20 MN. Na obr. 23 je schéma hydraulického tažného lisu. Jedná se o jednočinný, hornotlaký lis s jedním vyloženým pracovním válcem. Stojan tohoto lisu má tvar „C“ a skládá se ze stolu a nástavku, které jsou svařeny z ocelových plechů. V horní části stojanu je vsazen pracovní válec s plunžrem upevněný v traverze. Traverza je opatřena čtyřmi vodícími sloupky, které procházejí otvory ve stojanu a slouží k omezení jejího zdvihu. V ose stojanu jsou umístěné zpětné válce.



Obr. 24 LisCTUA 2500 [15]



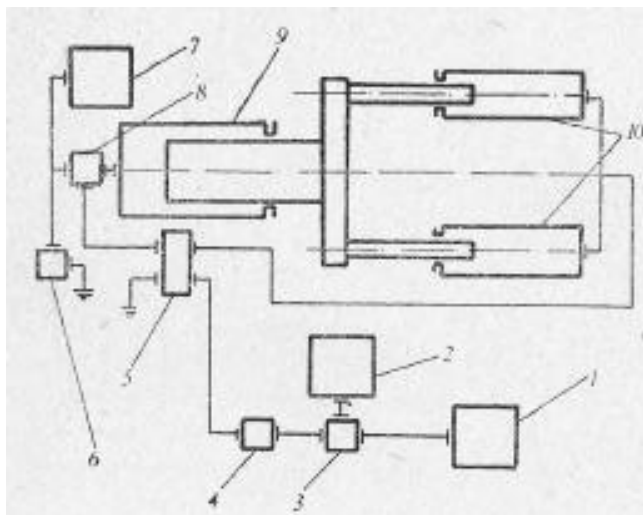
Obr. 23 Schéma tažného lisu [22]

Lis CTUA 2500 (obr. 24) je vertikální konstrukce s kotveným stojanem. Lis má čtyři pracovní válce v řadě. Beran se pohybuje v pravoúhlém vedení. Lis je určený pro lisování rozměrných dílů pro automobilový průmysl. Má jmenovitou sílu 25 MN, zdvih 1000 mm a upínací plochu stolu 2000 x 8000 mm.

Hydraulické tažné lisy se používají např. na výrobu nábojnic, karoserií automobilů a také na výrobu kotlových a cisternových den. Tyto lisy by měly být dostatečně tuhé a schopné vyvodit velkou tvářecí sílu a pomalou rychlost chodu beranu.

## 2.3 VYTLAČOVACÍ LISY [10] [22] [30] [32]

Používají se na vytlačování trubek a tyčí různých profilů z oceli, ale i neželezných kovů. Profilové tyče jsou vytlačovány z plných bloků a trubky a duté profily z bloků dutých. Liší se provedením stojanu. Nejčastěji se používá vodorovný stojan sloupové konstrukce. Schéma hydraulického obvodu vytlačovacího lisu je na obr. 25. Lis má 3 hydraulické válce (jeden pracovní 9, a dva pro zpětný zdvih 10). Pracovní kapalina proudí z nádrže 7 přes plnicí ventil 8. Přebytek je přepouštěn přepouštěcím ventilem 6 do odpadu. Při pracovním zdvihu je kapalina dodávána z akumulátoru 2 přes minimální 3 a uzavírací 4 ventil do pracovního válce 9. Kapalina do akumulátoru je dodávána hydrogenerátorem 1.



Obr. 25 Blokové schéma vytlačovacího lisu [22]

Vytlačovací lis řady CXT (obr. 26) má robustní horizontální konstrukci s posuvným kontejnerem, který je elektricky ohříván a jeho teplota regulována, a děrovacím zařízením. Tuhý rám lisu tvoří předepjaté sloupy a traverzy. Pracovní cyklus je mechanizovaný a automatizovaný. Lis je ovládán dálkově pomocí hydraulicko – elektrického a elektronického systému prostřednictvím tlačítek a ovladačů. Ovládací systém je napojen na řídicí počítač. Lis má přímý pohon olejovými vysokotlakými čerpadly, která jsou umístěna poblíž lisu. Celková síla lisu je 15,4 MN, síla děrovače 2,45 MN, provozní tlak 25 MPa a lisovací rychlost 0 až 50 mm/s (podle druhu a průřezu lisovaného materiálu).

Vytlačovací lisy používají například KOVOHUTĚ HOLDING DT, a.s. Čelákovice na výrobu polotovarů (tyčí, trubek, drátů) z mědi a jejích slitin. V ČR jsou vytlačovací lisy vyráběny v TS Plzeň a.s. a mají sílu 6,3 až 50 MN. Polotovary vyrobené pomocí vytlačování (např. trubky) mají vyšší pevnost, než kdyby byly vyrobeny jinou technologií (např. svařováním). Výroba těchto polotovarů může být levnější, avšak používané stroje zase dražší.



Obr. 26 Vytlačovací lis CXT 1600 [32]

## 2.4 PROTLAČOVACÍ LISY [6] [22] [23]

Tyto lisy jsou určeny na výrobu nástrojů protlačováním za tepla (vrtáků, výhrubníků, výstružníků, fréz), hydrostatické protlačování drátů, trubek, tyčí a profilů a běžných i obtížně tvářitelných kovů (slitiny hořčíku, wolframu, molybdenu). Hlavní využití těchto lisů je při výrobě přesných tvarů součástí velkých dělek jako například osazovaných hřídelů a torzních tyčí. Uplatňují se také při lisování součástí z kovových prášků a při plátkování kovů.

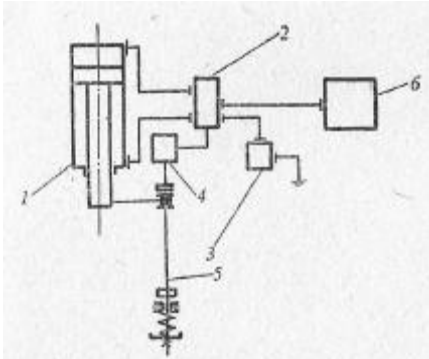
Lis CJZ (obr. 27) je určen na výrobu výlisků technologií práškové metalurgie. Jsou na něm zpracovávány například kovy, karbidy, keramika atd. Multiplikátorový pohon umožňuje dosáhnout vysokých tlaků a tím i zpracování složitých výrobků. Lis je vybaven svislou pracovní komorou a odnímatelným horním uzávěrem.

Protlačovací lisy se hlavně využijí při výrobě součástí metodou práškové metalurgie, protože se stále častěji používají nástroje takto vyrobené nebo části nástrojů např. SK plátky, které se pak na běžné nástroje pomocí těchto lisů připevňují. Lisy vyrábí ŽDAS, a.s. Žďár nad Sázavou.



Obr. 27 Lis CJZ [23]

## 2.5 DÍLENSKÉ LISY [6] [12] [16] [22]



Obr. 28 Blokové schéma dílenského lisu [22]

Dílenské lisy používají generátor 6 s proměnným proudem. Tento generátor zajišťuje plynulou regulaci rychlosti beranu v dostatečném rozsahu. Regulace je základní síly je zajištěna regulačním pojistným ventilem 3. Pohyb pístu hydromotoru 1 se provádí pomocí hydraulického rozvaděče 2. Zdvih je omezen dorazy 5. Bezpečnost práce na lisu je zajištěna dvouručním ovládním 4. Blokové schéma je na obr. 28.

Hydraulický rovnací lis CDN 400 (obr. 29) se používá k rovnání hřídelů, odlitků, svařenců, vývalků, výkovek a plochých součástí za studena i za tepla. Lis má dvě části a to vlastní lis a pracovní stůl. Rám lisu pojíždí po kolejových plochách, které jsou umístěny na boku stolu. Lis je jednostranný, portálový. Rám je tvořen svařencem z odlitků a plech. Stůl a pojezdové vedení je možné prodlužovat. Lis CDN 400 má jmenovitou sílu 4000kN, zdvih 1000 mm. Základní upínací plocha stolu je 3000 x 3100 mm, prodloužená 6000 x 3100 mm nebo 9000 x 3100 mm. Lis má výšku 4520 mm a výkon hlavního elektromotoru má 12 kW.



Obr. 29 Rovnáč lis CDN 400 [16]

Hydraulický lis CDC 10 (obr. 30) má svislou konstrukci s jedním vyloženým pracovním válcem. Válec je spolu s rozvaděčem umístěn v horní části stojanu. Spodní část stojanu tvoří nádrž pracovní kapaliny (tlakový olej). Deska stolu je vyměnitelná. Pracovní kapalina je do oběhu dodávána pístovým radiálním čerpadlem se samočinnou regulací. Lisovací síla je plynule nastavitelná a zdvih lze omezit narážkami. Lis je vhodný na stříhání ohýbání, rovnání, tažení, protlačování, ražení a je na něm také možno lisovat součásti z práškových a plastických hmot. Největší pracovní síla lisu je 100 kN, zpětná síla 40 kN, zdvih pístu je 400 mm a lisovací rychlost s nízkým tlakem 74 mm/s a s tlakem vysokým 20 mm/s. Rychlost zpětná je 178 mm/s s nízkým tlakem a 50 mm/s s vysokým tlakem. Upínací stůl má rozměry 400 x 450 mm. Pracovní tlak kapaliny lze nastavit v rozmezí 25 až 100 kp/cm<sup>2</sup>. Čerpadlo je poháněno elektromotorem o výkonu 7 kW. Lis je dlouhý 640mm, široký 1600 mm, vysoký 1900 mm a váží 1500 kg.



Obr. 30 Hydraulický lis CDC 10 [12]

Dílenské lisy mají široké uplatnění hlavně v provozech, kde je potřeba vykonávat různé operace v malosériové nebo kusové výrobě. Dílenskými hydraulickými lisy lze stříhat, ohýbat, táhnout, protlačovat, rovnat atd. Stavějí se na jmenovité síly 0,2 až 3 MN. Výrobci dílenských lisů jsou např. ŽDAS a.s., Žďár nad Sázavou a TOS Rakovník.

## 2.6 RAZÍCÍ LISY [4] [6] [22]

Razící lisy jsou svislé se spodním lisovacím válcem a válcem pro zpětný chod. Válce jsou uloženy ve spodní části stojanu. Stojan je vyroben z ocele na odlitky. Na pístu válce a horní části stojanu jsou upevněny kalené upínací desky. Pracovní prostor lisu je osvětlen a uzavřen ocelovými kryty s průhledem. Na lisu je ústrojí s ústrojí s noniovým měřítkem. Pomocí něj se nastavuje hloubka zalisování a zároveň omezuje největší zdvih lisu. Pracovní kapalina je olej.

Hydraulický razící lis CZR 600-2 (obr. 31) má lisovací sílu 60 MN a zpětnou sílu 1,2 MN. Zdvih lisu je 125 mm a průměry upínacích desek jsou 345 mm u spodní desky a 350 mm u horní desky. Celkové rozměry lisu jsou (délka x šířka x výška) 1600x800x1980 mm. Výkon elektromotoru čerpadla je 0,74 kW a hmotnost lisu s čerpadlem je 2400 kg.

Razící lisy jsou vhodné zejména na výrobu dutin ve formách a zápustkách. Tvarový lisovník je vtlačován do polotovaru za studena. Dále se používají tam, kde jsou potřeba vysoké tlaky a přesnost výrobku např. k ražení mincí a medailí. Lisy vyrábí například TOS Rakovník.



Obr. 31 Lis hydraulický razící CZR 600-2 [4]

### 3 ZÁVĚR

Hlavním důvodem, proč vzrůstá poptávka po tvářecích strojích je snaha dosáhnout nízké ceny výrobku. To lze dosáhnout i tím, že výrobek bude zhotoven na nejnižší možný počet operací. Tváření je vhodná technologie výroby.

Lisy lze rozdělit na mechanické a hydraulické. Mechanické pak dále na klikové, kolenové, výstředníkové a vřetenové. Hydraulické se dále dělí na kovací, tažné vytlačovací, protlačovací, razící a dílenské.

Mechanické lisy klikové, kolenové a výstředníkové pracují na podobném principu, pracovní síla beranu je funkcí natočení kliky, případně výstředníku. Nejpoužívanější a nejuniverzálnější jsou klikové, protože mají velmi jednoduchou konstrukci poháněcího mechanismu. Kolenové mají proti klikovým tu výhodu, že mohou vyvinout daleko větší tvářecí sílu při stejném dodávaném výkonu díky tzv. kolenovému kloubu. U výstředníkových lisů lze snadno přestavit zdvih beranu pomocí výstředníkového pouzdra. Toto pouzdro slouží také jako pojistka proti přetížení. Klikové, kolenové a výstředníkové lisy se používají na různé operace plošného tváření. Na objemové tváření jsou vhodné svislé a vodorovné kovací lisy, což jsou vlastně klikové lisy, ale musejí být více zesílené než běžné klikové lisy.

Vřetenové lisy se dělí na bezkotoučové, dvoukotoučové a tříkotoučové, vyznačují se jednoduchou konstrukcí a nízkými náklady na jejich výrobu. Jejich zdvih není nijak omezen, proto mohou tvářet i několikrát za sebou. U bezkotoučových lisů je vřetenem spojeno přímo s hnacím elektromotorem, a tudíž nedochází k prokluzu při změně pohybu beranu. Bezkotoučové jsou vhodné pro tváření za tepla i za studena. Dvou a tříkotoučové používají třecí poháněcí mechanismus. Ten má tu nevýhodu, že se opotřebovává, ale na druhou stranu slouží jako pojistka proti přetížení stroje. Dvou a tříkotoučové lisy lze použít na děrování, stříhání a tažení.

Hydraulické lisy mohou vyvinout daleko větší tvářecí sílu než lisy mechanické. Mají složitou konstrukci pohonu a z toho vyplývající vyšší pořizovací cenu. Největší z hydraulických lisů, a ty, které pracují v nejtěžších podmínkách, jsou lisy kovací. Používají se v těžkých provozech na kování velkých výkovků, proto musejí být dostatečně tuhé. Tažné lisy se používají na mělké i hluboké tažení, a tak by u nich měl být zabezpečen pomalý chod beranu, aby nedošlo k porušení tažené součásti trhlinami. Vytlačovací jsou vhodné na vytlačování různých profilů z plných bloků a protlačovací lisy se používají hlavně v práškové metalurgii například na plátkování kovů. Na výrobu dutin ve formách jsou vhodné lisy razící. Univerzálními hydraulickými lisy jsou dílenské, které se používají na menší tvářecí operace, hlavně plošné.

Lisy jsou velmi rozšířeny ve strojírenských podnicích, protože je lze začlenit do výrobních linek a zautomatizovat výrobu, a tím pádem zkrátit výrobní časy a náklady.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [3]

1. CKW. *ŽĎAS a.s.* [online]. [cit. 2012-04-29]. Dostupné z: <http://www.zdas.cz/cs/content.aspx?id=15>
2. FOREJT, Milan. *Teorie tváření a nástroje*. 1. vyd. Nakladatelství VUT v Brně. Brno: Rektorát Vysokého učení technického v Brně, 1991. 187 s. ISBN 80-214-0294-6.
3. Generátor citací. *Citace.com* [online]. [cit. 2012-15-12]. Dostupné z: <http://generator.citace.com/>
4. *Hydraulické lisý. Stroje Svoboda s.r.o.* [online]. [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: <http://www.strojesvoboda.cz/katalog.php?page=DETAIL&katalog=Stroje/Lis/Hydraulicky&id=2039&o=1>
5. *Hydraulické univerzální lisý. ŽĎAS a.s.* [online]. [cit. 2012-04-07]. Dostupné z: [http://www.zdas.cz/cs/user\\_img/7/18/78/0\\_ctc3.jpg](http://www.zdas.cz/cs/user_img/7/18/78/0_ctc3.jpg)
6. HÝSEK, Rudolf. *Tvářecí Stroje 1971*. Vyd. 1. Praha: ANTL - Nakladatelství technické literatury, 1972. 600 s.
7. KOPECKÝ, Miloslav a Bedřich RUDOLF. *Tvářecí stroje: Mechanické a hydraulické lisý*. Vyd. 1. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, n. p., 1967. 328 s.
8. *Kovací lisý řady CKV. TS Plzeň a.s.* [online]. [cit. 2012-04-29]. Dostupné z: <http://www.tsplzen.cz/cz/hydraulicke-lisy-ckv.asp>
9. *Kovací lisý. Prato, spol. s r.o.* [online]. [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <http://www.prato.cz/cgi-bin/602cgi8/is-prato/web/cl.htw?lang=0&mn=2&pmn=0&cl=56>
10. KOVÁČ, Andrej a Milan JENKUT. *Tvárníacie Stroje*. Vyd. 1. Bratislava: ALFA vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, n. p., 1978. 814 s.
11. KOVONA SYSTEM a.s.: *Strojní park*. [online]. [cit. 2012-04-07]. Dostupné z: <http://www.kovona.cz/web/structure/strojni-park-696.html#>
12. *Lis hydraulický montážní. Stroje Svoboda s.r.o.* [online]. [cit. 2012-05-06]. Dostupné z: <http://strojesvoboda.cz/katalog.php?page=DETAIL&katalog=Stroje/Lis&id=1986&o=1>
13. *Lisování. Klein & Blažek spol. s r.o.* [online]. [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: <http://www.kleibl.cz/index.php?p=lisovani&site=default>
14. *Lisovna kovových dílů. Labit a.s.* [online]. [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: <http://labit.cz/cs/lisovna-kovovych-dilu>
15. *Lisý na výrobu rozměrných dílů CTUA. ŽĎAS, a.s.* [online]. [cit. 2012-05-13]. Dostupné z: <http://www.zdas.cz/cs/content.aspx?id=55>

16. Lisy portálové rovnací CDN. *ŽĎAS a.s.* [online]. [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: <http://www.zdas.cz/cs/content.aspx?id=46>
17. Lisy vřetenové. *ŽĎAS a.s.* [online]. [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://www.zdas.cz/cs/content.aspx?catid=88>
18. MAŇAS, Stanislav. Výrobní stroje a zařízení: Tvářecí stroje. In: *ČVUT v Praze: Fakulta strojní* [online]. Praha, 2006/2007 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: [http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12135-VSZ/download/obor\\_stud/VSZ\\_-\\_2351054/VSZ\\_-\\_Tvareci\\_stroje.pdf](http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12135-VSZ/download/obor_stud/VSZ_-_2351054/VSZ_-_Tvareci_stroje.pdf)
19. Nástroje, Nářadí. [online]. [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://www.nastrojenaradi.cz/katalog.php?page=DETAIL&katalog=P%C5%99%C3%A1Dslu%C5%A1enstv%C3%AD/Sv%C4%9Br%C3%A1ky&id=1025&o=1>
20. PETRUŽELKA, Jiří a Richard BŘEZINA. *Úvod do tváření I* [online]. Ostrava, 2001 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: [http://www.345.vsb.cz/jiripetruzelka/Texty/Uvod\\_TV1.pdf](http://www.345.vsb.cz/jiripetruzelka/Texty/Uvod_TV1.pdf)
21. POKORNÝ, Přemysl. *Výrobní stroje II.: Mechanické lisy* [online]. 1998 [cit. 2012-04-14]. Dostupné z: [http://www.kvs.tul.cz/download/vyrobnni\\_stroje/tvareci.pdf](http://www.kvs.tul.cz/download/vyrobnni_stroje/tvareci.pdf)
22. RUDOLF, Bedřich a Miloslav KOPECKÝ. Tvářecí stroje: Základy výpočtu a konstrukce. Vyd. 1. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, n. p. , 1979. 408 s.
23. Speciální hydraulické lisy. *ŽĎAS a.s.* [online]. [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: <http://www.zdas.cz/cs/content.aspx?id=57>
24. STANĚK, Jiří. Základy stavby výrobních strojů, Tvářecí stroje. Vyd. 1. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, únor 2004. 126 s. ISBN 80-7082-738-6.
25. Stroje po GO a modernizaci dle CE: Šmeral LLR 1000. *PRATO, spol s r.o.* [online]. [cit. 2012-05-06]. Dostupné z: <http://www.prato.cz/cgi-bin/602cgi8/is-prato/web/nabs.htw?lang=0&mn=3&pmn=0&str=5>
26. Svislé kovací lisy. *Šmeral Brno a.s.* [online]. [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <http://www.smeral.cz/CZTvarKov.html>
27. TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH. *Lisy: Študijný materiál* [online]. [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: [http://www.sjf.tuke.sk/kvtar/1/files/09\\_Lisy.pdf](http://www.sjf.tuke.sk/kvtar/1/files/09_Lisy.pdf)
28. Ústav strojírenské technologie: *VUT v Brně: Fakulta strojního inženýrství* [online]. [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/vyuka/katalog/kat/slve1000\\_1.html](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/vyuka/katalog/kat/slve1000_1.html)
29. Vřetenové lisy. *Svaz strojírenské technologie* [online]. [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://www.sst.cz/katalog/product/id/335>
30. Výrobní program. *KOVOHUTĚ HOLDING DT, a.s.* [online]. [cit. 2012-05-13]. Dostupné z: <http://www.khc.cz/cesky/index.html>

31. Výstředníkové lisy. *Šmeral Brno a.s.* [online]. [cit. 2012-04-07]. Dostupné z: <http://www.smeral.cz/OknoVyrobekTvarVys02.html>
32. Vytlačovací lisы řady CXT. *TS Plzeň a.s.* [online]. [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: <http://www.tsplzen.cz/cz/hydraulicke-lisy-cxt.asp>