



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

STROJE VYUŽÍVANÉ VE TVÁŘENÍ
MACHINES FOR FORMING TECHNOLOGIES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN KVAPIL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. KAMIL PODANÝ, Ph.D.

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jan Kvapil

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:

Stroje využívané ve tváření

v anglickém jazyce:

Machines for forming technologies

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o vytvoření přehledu stávajících a moderních strojů používaných v technologiích tváření. V práci by měl být uveden přehled a stručný popis a příklady praktického využití.

Cíle bakalářské práce:

Aktuální literární studie se zaměřením na 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, M. Teorie tváření a nástroje. 1. vyd. Brno, Rekrorát Vysokého učení technického v Brně, 1991. 187 s. Edit. Nakladatelství VUT v Brně. ISBN 80-214-0294-6.
3. KOVÁČ, Andrej; JENKUT, Milan. Tvárniace Stroje. Vyd. 1. Bratislava : ALFA vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, n. p., 1978. 814 s.
4. KOPECKÝ, Miloslav ; RUDOLF, Bedřich. Tvářecí stroje : Mechanické a hydraulické lisy. Vyd. 1. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, n. p., 1967. 328 s.
5. RUDOLF, Bedřich ; KOPECKÝ, Miloslav . 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.
7. NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Brno : Nakladatelství VUT v Brně, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9.
8. NOVOTNÝ, Karel, MACHÁČEK, Zdeněk. Speciální technologie I : Plošné a objemové tváření. 2. vyd. Technická 2, Brno : Nakladatelství Vysokého učení technického Brno, 1992. ISBN 80-214-0404.

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

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011. V Brně, dne 16.11.2010

L.S.

prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

KVAPIL Jan: Stroje využívané ve tváření.

Bakalářská práce, která je vypracovaná v rámci bakalářského studia oboru B 2339, obsahuje stručný přehled jednotlivých typů strojů používaných ve tváření. V práci jsou charakterizovány dnes i dříve používané stroje. Mezi základní typy strojů patří: mechanické lis, hydraulické lis, buchary a rotační tvarovací stroje. U všech strojů jsou popsány principy činnosti a jejich použití v praxi.

Klíčová slova: stroj, tváření, lis, beran, síla, buchar

ABSTRACT

KVAPIL Jan: Machines for forming technologies.

The Bachelor thesis, which is developed in an undergraduate degree in B 2339, provides a brief overview of the various types of machines used in metal forming. The work is characterized by earlier today and used machines. The basic types of machines include: mechanical presses, hydraulic presses, hammers and rotary molding machine. All machines are described operating principles and their practical application.

Keywords: machine, forming, molding, ram, power hammer

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KVAPIL Jan: *Stroje využívané ve tváření*. Brno, 2011. 30 s., 6 příloh, CD. FSI VUT v Brně, Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí bakalářské práce Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím uvedené literatury.

V Brně dne 27. 5. 2011

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto 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

1 ÚVOD	9
1.2 Tvářecí stroje	10
2 LISY	12
2.1 Mechanické lisy	12
2.1.1 Výstředníkové lisy	13
2.1.2 Klikové lisy.....	14
2.1.3 Kolenové lisy	15
2.2 Hydraulické lisy.....	16
3 BUCHARY	18
3.1 Mechanické buchary	19
3.1.1 Pružinové buchary.....	19
3.1.2 Padací buchary	20
3.2 Protiběžné buchary.....	21
3.3 Pneumatické buchary	22
3.4 Plynové buchary	23
3.5 Elektromagnetické buchary	24
4 ROTAČNÍ TVAROVACÍ STROJE	25
4.1 Ohýbací stroje.....	25
4.2 Zakružovací stroje.....	26
4.3 Válcovací stolice.....	28
5 ZÁVĚRY	30

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratek

Seznam příloh

1 ÚVOD [1] [2] [3] [4] [5]

V současné době vzniká celosvětové poptávka po velkých strojích, mezi které například patří lisy a buchary, na základě poptávky po výrobcích například pro jaderný průmysl. K návrhům velkých strojů je zapotřebí přistupovat koncepčně odlišným způsobem oproti malým strojům. Obecně jsou za velké lisy považovány stroje s pracovní silou nad 50 MN.

Snahou konstruktérů je dosáhnout správné konstrukce rámu lisu, která je důležitá z hlediska zachytávání pracovní síly. Při provozu těchto lisů může docházet až k namáhání jednotlivých částí vlivem opakovaných pracovních cyklů, které jsou například při provádění krátkých zdvihů o vysoké frekvenci. Proto se u malých lisů navrhuje skříňový odlitek a u větších lisů, kde jsou děleny traverzy na více částí, je mnohem více způsobů konstrukce tvaru odlitků a také je rozhodující správná konstrukce dělicí roviny a její umístění.

Konstrukce stroje by měla být co nejtěžší, ale zároveň co nejlehčí. V současnosti se využívá parametrické optimalizace, kdy je na základě předešlých zkušeností navržen tvar skříňového odlitku a na základě počítačové simulace lze provést výpočet pevnosti stěn. Samotná výroba na tvářecích strojích jde směrem plné automatizace. Takové tváření je daleko jednodušší a ekonomičtější. Celý cyklus je levnější z hlediska absence obsluhy, jelikož o dodání materiálu do pracovního prostoru stroje se stará robot. Příklady tvářecích strojů jsou na obr. 1.

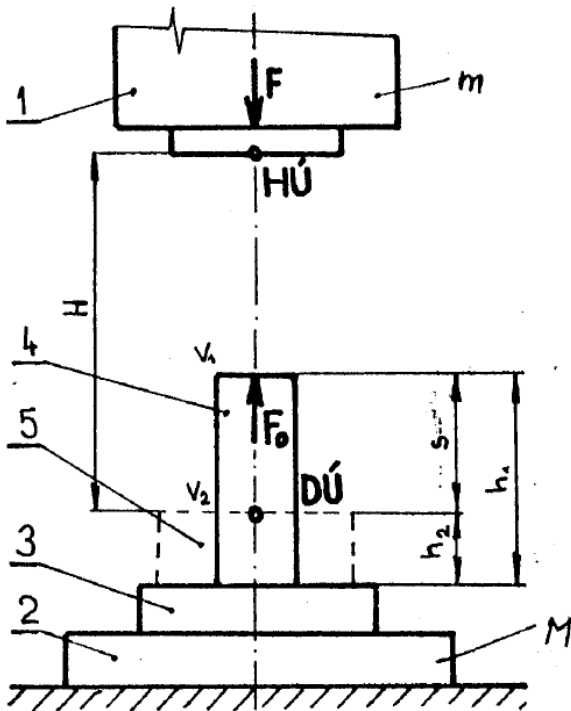


Obr. 1 Příklady tvářecích strojů [2] [3] [4] [5]

1.2 Tvářecí stroje [6] [7] [8] [16] [17] [2] [19] [20] [21]

Hlavním znakem tvářecího stroje je pohyb nástroje (beranu) směrem k materiálu, který se děje prostřednictvím mechanismu. Tvářecí stroje trvale přetváří materiál na požadovaný tvar působením síly a bez odběru třísky, což vede k velkým úsporám materiálu. Stroje se dělí podle způsobu realizace silových a energetických veličin na stroje silové, zdvihové a energetické. Energie potřebná k tváření se přenáší od energetického zdroje (motoru) mechanismem do pracovního prostoru, kde působí na materiál a mění se na nechtěné energie například na kmitání, hluk a teplo. U tvářecích strojů je snahou dosáhnout co největší účinnost přenosu energie mezi motorem a výrobkem, kterou zajistí svou konstrukcí tuhý rám stroje, a zároveň snížení vibrací a hluku. Pracovní prostor stroje je vymezen plochou nástroje a stěnami stojanu nebo sloupu rámu. Dle použitého rámu lze rozlišit pracovní prostor na otevřený (přístupný ze tří nebo čtyř stran) a uzavřený (přístupný ze dvou stran).

Základní uspořádání stroje s přímočarým pohybem nástroje je zobrazeno na obr. 2. Přímočarý pohyb vykonává beran 1 mezi dolní a horní úvratí. Tvářený materiál 4 je umístěn mezi jednotlivými díly nástroje, které jsou upevněny na beranu 1 a na stole 2. Beran s nástrojem se pohybuje z počáteční polohy z nulové rychlosti a v momentě dotyku s materiálem 4 rychlostí v a síla F na beranu 1 překonává tvářecí sílu F_0 a způsobuje trvalou deformaci. Tváření končí při nulové rychlosti nástroje v dolní úvratí.



Obr. 2 Základní uspořádání stroje [7]

Do optimálního výkonu tvářecího stroje je zapotřebí také započítat vysokou provozní spolehlivost a trvanlivost. Na tvářecích strojích se využívá velkých tvářecích sil, které často vedou k poruchám stroje způsobeným únavovým lomením. Předcházet těmto poruchám lze dostatečným dimenzováním součástí a pojištěním stroje proti přetížení. Nejen dostatečným výkonem, ale i snadnou a jednoduchou obsluhou stroje se musí vyznačovat konstrukce tvářecích strojů. Konstrukce těchto strojů také musí splňovat bezpečnost práce. Nebezpečná místa, zejména v pracovním prostoru, který obsahuje tlačná a střížná místa, by měla být zakrytována.

Další členění tvářecích strojů je dle relativního pohybu výstupního členu na stroje s přímočarým a nepřímým pohybem a dle realizace silových a energetických veličin. Výpis značení tvářecích strojů je uveden v příloze 1.

Podle relativního pohybu výstupního členu dělíme stroje na:

- Tvářecí stroje s přímočarým pohybem beranu:

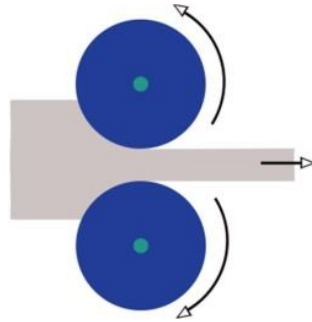
Tyto stroje jsou charakteristické pohybem nástrojem (beranem) mezi horní a dolní úvratí. Zpracovaný materiál se nachází mezi stolem a nástrojem. Mezi tyto stroje patří výstředníkový lis, který je na obr. 3.

- Tvářecí stroje s nepřímým pohybem beranu:

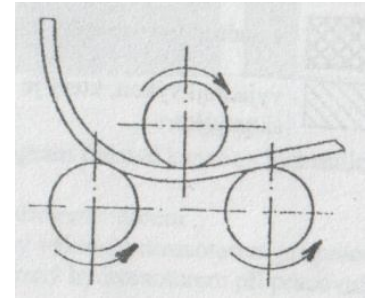
Jsou to stroje, které zpracovávají materiál pracovními válci. Rotační pohyb zde vykonává nástroj, kterým jsou pracovní válce. Pracovní válce mají většinou rovnoběžnou osu. Schéma principů jsou zobrazeny na obr. 4 a obr. 5.



Obr. 3 Výstředníkový lis [8]



Obr. 4 Princip válcovacího stroje [9]



Obr. 5 Princip zakružovacího stroje [10]

Podle způsobu realizace silových a energetických veličin rozlišujeme:

- Tvářecí stroje zdvihové
Tyto stroje využívají přešlé energie (kinetickou i potenciální). U tohoto lisu je síla na beranu a rychlost beranu je funkcí dráhy beranu. Typickým představitelem těchto strojů jsou mechanické lisy. Mechanický lis klikový se nachází na obr. 6.
- Tvářecí stroje silové
Silové stroje využívají k překonání deformačního odporu materiálu potenciální energie. Síla lisu F je stále konstantní (nezávislá na zdvihu) a je hlavním parametrem tohoto lisu. Mezi hlavní představitele těchto strojů lze zařadit hydraulický lis, který je uveden na obr. 7.
- Tvářecí stroje energetické
U těchto strojů se překonává odpor tvářeného materiálu energií kinetickou. Oproti silovým strojům se označují jako stroje s neklidným chodem. Tvářecí stroje energetické mají hlavní veličinu kinetickou energii a zastupují je buchary (viz obr. 8).



Obr. 6 Klikový lis [11]



Obr. 7 Hydraulický lis [12]



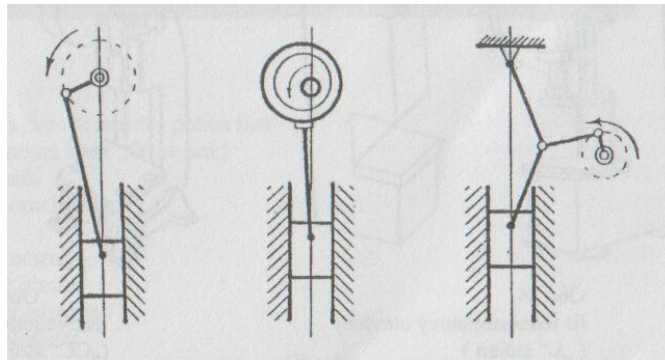
Obr. 8 Buchar [13]

2 LISY [10]

Lisy pracují tlakem pracovní části (beranem), která koná přímočarý vratný pohyb na tvářený materiál. Pracovní část je spojena s hnacím ústrojím. Lisy se dělí podle použitého pohonného mechanismu na lisy mechanické a hydraulické.

2.1 Mechanické lisy [10] [14]

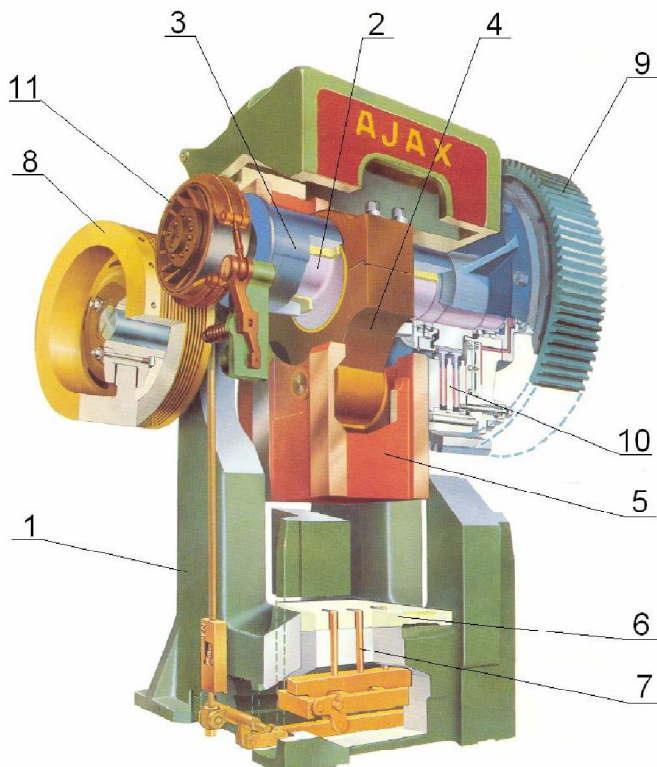
Lisy se rozdělují do několika skupin podle tvaru rámu, pohonného mechanismu a dále dle pohonného mechanismu se dělí na klikové, výstředníkové a kolenové, což je zřejmé z obr. 9.



a) klikový b) výstředníkový c) kolenový

Obr. 9 Schéma tří druhů mechanických lisů [10]

Charakteristickým znakem těchto lisů je klikový mechanismus. Klikový mechanismus se skládá z excentrické hřídele, ojnice, beranového čepu a beranu. Excentrický hřídel je uložen ve stojanu stroje. Uložení hřídele je v kluzných ložiscích, která jsou vyrobeny z kaleného bronzu. V beranu se nachází vyhazovač pro snadné vyjmutí výkovku ze zápustky. Pracovní stůl obsahuje spodní vyhazovač. Excentrický hřídel je spojen se spojkou pro přenos krouticího momentu od předložové hřídele.



- 1 – stojan,
- 2 – excentrická hřídel,
- 3 – ložisko excentrické hřídele,
- 4 – ojnice,
- 5 – beran,
- 6 – stůl,
- 7 – dolní vyhazovač,
- 8 – řemenice – setrvačnick,
- 9 – ozubený převod,
- 10 – spojka,
- 11 – brzda.

Obr. 10 Popis částí lisu [14]

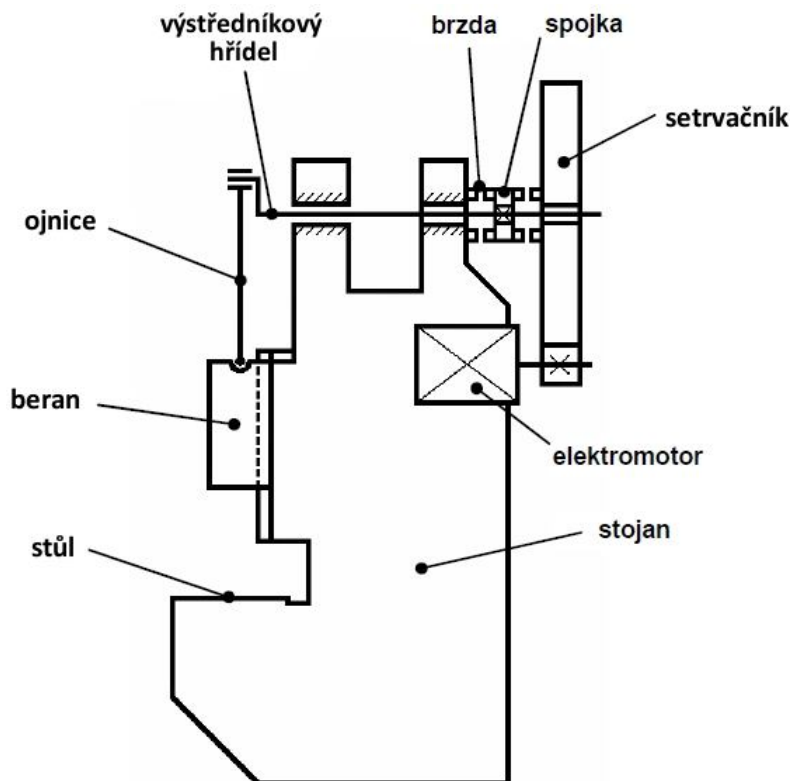
Předlohovává hřídel přenáší krouticí moment od motoru přes řemenový převod a je uložena ve valivých ložiscích. Pro zásobu energie slouží setrvačnick, který většinou bývá spojen s řemenicí. Mechanický lis s popisem jednotlivých částí je zobrazen na obr. 10.

Kromě výše uvedených rozdělení strojů existují i další dělení, a to například podle tvaru a typu rámu, viz přílohy 2. a 3.

2.1.1 Výstředníkové lisy [15] [16] [17] [18] [19]

Výstředníkové lisy slouží k stříhání, ohýbání, mělkému tažení, protlačování i ražení. Konkrétněji se používají pro stříhání kruhových výstřížků, ohýbání U a V profilů. Výstředníkové lisy středních rozměrů (díky větší tuhosti) se používají pro ostříhování výkovek. Hlavní části výstředníkových lisů jsou vyznačeny na obr. 11. Výstředníkové lisy lze dělit na jednostranné nebo dvostranné. Jednostranné lisy mají otevřenou rámovou konstrukci. U dvostranných lisů je konstrukce uzavřená a mají podélně uložen výstředníkový hřídel, což poskytuje lepší možnosti tváření z hlediska namáhání.

K přenosu síly od pohonu je použito výstředníkového mechanismu, který se skládá z výstředníkového hřídele, ojnice, setrvačnicku, spojky a beranu. Výstředníkový hřídel se nachází v poloze příčné nebo podélné a je uložen v bronzových ložiscích. Zdvih výstředníkových lisů lze nastavit pootočením výstředníkového pouzdra proti výstředníkovému hřídeli. Výškové přestavení beranu se provádí dělenou ojnící s kulovým čepem. U větších lisů je beran přesunován elektronickým pohonem. Tyto lisy se značí například LE 160-C. Z označení je patrná jmenovitá síla 1 600kN a jaký je použit rám (typ „C“).



Obr. 11 Výstředníkový lis s popisem hlavních částí [15]



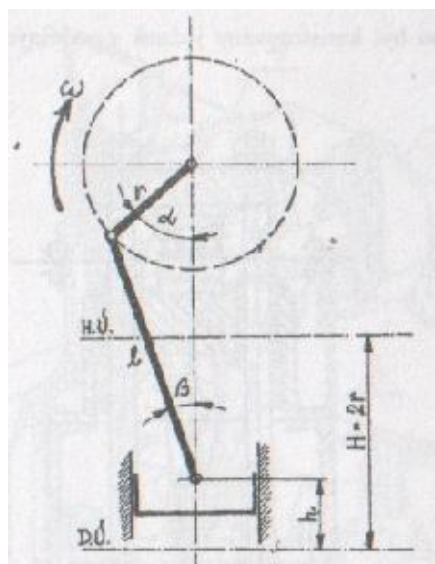
Obr. 12 Výstředníkový lis S 160 E [17]

Hlavními přednostmi výstředníkových lisů jsou zejména možnost nastavení velikosti zdvihu beranu, jeho přestavitelnost a vyvažování, valivé uložení výstředníkového hřídele ojnice a tichý chod.

Výstředníkové lisy se dnes používají s ruční obsluhou nebo se zařazují i do automatických tvářecích linek. Například výstředníkový lis Lenr 40 se používá v zámečnické firmě WFmetal, s.r.o. a ve firmě Kovo Staněk, s.r.o. se využívají výstředníkové lisy s lisovací silou 15 až 160 t. Výstředníkový lis značky Šmeral (obr. 12) pracuje s počtem zdvihů beranu 60 min^{-1} . Obsluha stroj ovládá ručními nebo nožními spínači. Z důvodu bezpečnosti je u ruční obsluhy zapotřebí sepnutí dvou spínačů naráz.

2.1.2 Klikové lisy [10] [15] [20]

Schéma klikového lisu je zobrazeno na obr. 13. Princip práce se od výstředníkových lisů neliší. Pro přenos energie se využívá klikového mechanismu a zdvih je konstantní. Klikové lisy slouží pro stříhání, ohýbání, mělké tažení, protlačování, ražení, kování a ostříhování. Vzhledem k jejich univerzálnosti se také využívají ve tvářecích linkách.



α - úhel natočení kliky,
 β - úhel natočení ojnice,
 ω - úhlová rychlost kliky,
 H - maximální zdvih klikového mechanismu,
 h - zdvih beranu lisu.

Obr. 13 Schéma klikového mechanismu [10]

K přenosu síly od elektromotoru slouží klínový řemen, setrvačnick s vestavěnou spojkou a ozubené převody klikového mechanismu. Změna počtu zdvihů se docílí transformací klikového poměru hřídele a počtu zubů klikového kola.

Konstrukce klikových lisů se dělí na jednobodovou, dvoubodovou a čtyřbodovou. Rozlišují se také podle uložení klikového hřídele, a to podélně nebo příčně, což je uvedeno v příloze 4. Jednobodové lisy se používají tam, kde je kladen vysoký požadavek na vysokou přesnost práce. Při práci, kde působí excentrický odpor výrobek, se používají dvoubodové lisy. Čtyřbodové lisy se uplatňují na použití s více nástroji.



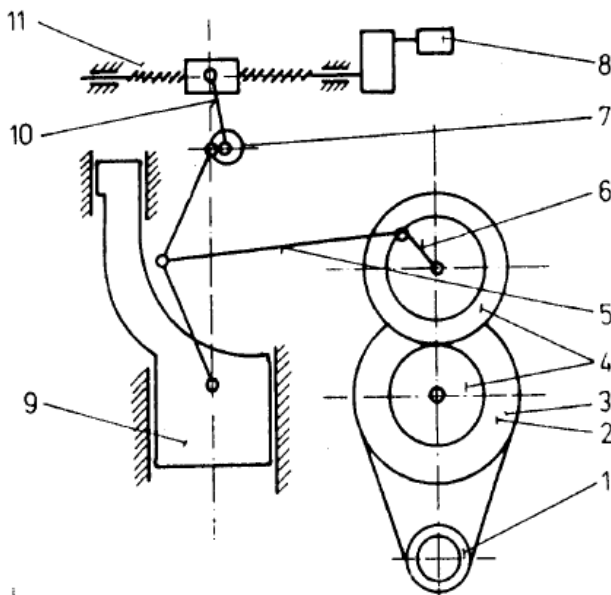
Obr. 14 Dvoubodový lis LKDA [21]

Klikové lisy se používají například ve firmě Baze alfa, s.r.o., kde se uplatňují na zpracování nerezových plechů. Firma Ždas, a.s. vyrábí několik klikových lisů. Například klikový lis dvoubodový LKDA 315, který je vybaven poloautomatickou nebo automatickou výměnou nástrojů pro co největší snížení ztrátových časů při výměně nástrojů. Lze tak docílit výměny nástroje do několika minut. Lisy od firmy Ždas, a.s. jsou dále vybaveny centrálním oběhovým mazáním, hydraulickou spojkou a motorickým přestavováním beranu s odměřováním polohy. Dvoubodový lis LKDA 315, který je zobrazen na obr. 14, má parametry zdvih 300 mm a jmenovitou sílu 3 150 kN.

2.1.3 Kolenové lisy [10] [20] [22] [23]

K přenosu síly se využívá kolenového mechanismu, který umožňuje dosáhnout velkých sil při nízkém výkonu hnacího elektromotoru. Zdvih beranu je konstantní a pozici beranu lze výškově nastavit. Konstrukce a funkce se podobá klikovému lisu. Pohyb beranu je zajištěn od klikového hřídele přes ojnici a koleno. Kinematické schéma lisu se nachází na obr. 15.

Na setrvačnick 2 je přenášen kroutící moment z elektromotoru 1. Na hřídeli setrvačnicku je umístěna brzda, která je funkčně spojena se spojkou. Kroutící moment je dále přenášen ozubeným převodem 4 a klikovým hřídelem s ojnicí 5 transformován na střední čep kolenového mechanismu, který ovládá pohyb beranu. Proti přetížení jsou tyto lisy chráněny vzduchovou spojkou.



Obr. 15 Schéma kolenového lisu [22]



Obr. 16 Kolenový lis řady LLR [23]

Kolenové lisy se konstruují s dvěma různými uloženími pohonů, a to horním a dolním uložením. U dolního uložení pohonu stroje je malá tuhost a použití je jen na plošné tváření. Kolenové lisy se používají pro protlačování, ražení a kalibrování. Tyto lisy se využívají pro sériovou výrobu a hromadnou výrobu. Pracovní cyklus strojů se ve výrobě může automatizovat.

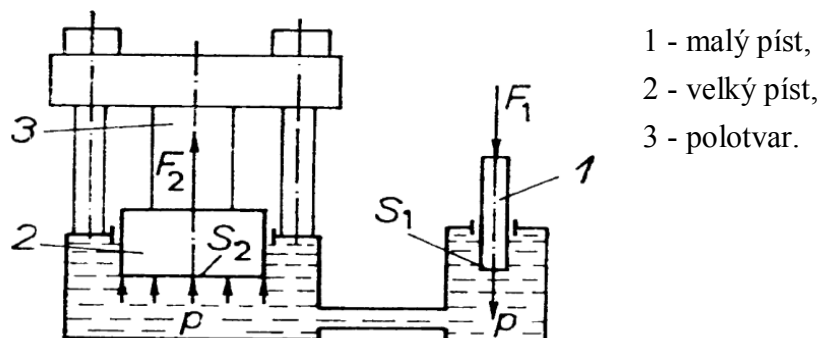
Kolenové lisy se značí například LLK 2000 (což značí kolenový lis razicí, svislý s uzavřeným „O“ rámem a jmenovité síle 20 000 kN). Konstrukce kolenových lisů se dělí na vertikální a horizontální.

Akciová společnost Šmeral Brno, a.s., která se zabývá výrobou a opravou tvářecích strojů, má ve svém výrobním programu zařazeny i kolenové lisy řady LLR (obr. 16). Technické

parametry lisu LLR 2000 jsou jmenovitá tvářecí síla 2000 kN, zdvih 150 mm, přestavění beranu 15 mm, počet zdvihů 32 min^{-1} , rozměr stolu $1100 \times 1100 \text{ mm}$ a rozměr beranu $850 \times 850 \text{ mm}$.

2.2 Hydraulické lisy [1] [24] [25] [26] [27] [28] [29] [30]

Princip hydraulických lisů je založen na Pascalově zákoně, kde se tlak v kapalině šíří rovnoměrně všemi směry. Schéma hydraulického lisu je na obr. 17. Když píst 1 působí na kapalinu silou F , vzniká pod pístem tlak, který se přes kapalinu tlačí na tvářený materiál 3. Hydraulické lisy pracují klidnou silou.



Obr. 17 Princip činnosti hydraulického lisu [24]

Lisovací síla je stejná po celou délku zdvihu a je dána výkonem tlakového čerpadla. Lisy s přímým pohonem jsou vhodné na operace, kde se využívá velké deformační síly. Lisy s nepřímým (akumulátorovým) pohonem jsou závislé na délce zdvihu (tlak v akumulátoru se snižuje). Regulování maximální lisovací síly se provádí pojistnými ventily. Pracovní medium pro přenos tlaků v hydraulických lisech se liší. U lisu s přímým pohonem je tlakové medium olej a u akumulátorového pohonu se jedná o olejové emulze a dusík. V porovnání s mechanickými lisy mají hydraulické lisy podstatně větší flexibilitu. Tvářecí proces může být naprogramován dle různých potřeb. Například oproti mechanickým lisům se zdvih nastavuje v kterémkoliv místě celkového zdvihu a mají možnost regulace tlaku a rychlosti. Hydraulické lisy jsou oproti lisům mechanickým méně náročné na prostor a jsou podstatně jednodušší a

levnější. Doba návratnosti investic bývá o 20 – 40 % kratší než u mechanických lisů. Problém nastává při dokončovacích operacích, kdy stroj provádí krátké zdvihy o vysoké frekvenci, tudíž všechny rázy musí vstřebávat dostatečně tuhý rám stroje.

Hydraulické lisy pro volné kování jsou především vertikální konstrukce. Základ stroje tvoří sloupový rám se čtyřmi nebo dvěma sloupy. Dvousloupový lis je uveden na obr. 18.

Rám se skládá z horní, spodní a pohyblivé traverzy. Provedení lisů je buď hornotlaké nebo dolůtažné. Konstrukce stojanu je otevřená („C“) nebo uzavřená („O“).



Obr. 18 Dvousloupový lis [1]

Hydraulické lisy se dělí dle technologie použití na:

- kovací lisy,
- tažné lisy,
- vytlačovací lisy,
- protlačovací lisy,
- dílenské lisy (viz obr. 19),
- razící lisy.



Obr.19 Dílenské lisy [27]

Kovací lisy se používají pro všechny operace volného kování (pěchování, sekání, děrování, ohýbání atd.). Tento stroj se uplatňuje v malosériové a kusové výrobě. Vyrábějí se jednostranové nebo dvoustranové lisy. Tažné lisy jsou určeny na lisování plechu (rovnání, lemování, ohýbání) a používají se k montážní práci, kde zalisovávají pouzdra a čepy. Vytlačovací lisy se používají na výrobu trubek a tyčí a také na výrobu nástrojů (vrtáky, výhrubníky, výstružníky, frézy), na výrobu tyčí, drátů či profilů přesných rozměrů a velkých délek. Tyto výrobní operace probíhají za tepla. Výhoda těchto lisů je, že lisují těžko tvářitelné materiály (hořčík, wolfram, molybden, berylium). Dílenské lisy jsou určeny na stříhání, ohýbání, rovnání, tažení, protlačování, nýtování a montážní práce. Na výrobu dutin se používají razící lisy. Výroba dutin se provádí ve formách a zápustkách. Tyto lisy se také používají na výrobu mincí a medailí.

Využívání hydraulických lisů je rozmanité a závisí na účelu, na co je jaký stroj stavěný. Hydraulické lisy jsou navrženy tak, aby zvládaly všechny běžné tvářecí operace za tepla i za studena, a pro objemové i plošné tváření. Umožňují výrobu širokého sortimentu výlisků použitelných například v automobilovém průmyslu, strojírenství, energetice atd.

Hydraulické lisy na výrobu a lisování plastů používá například firma Rodos kovo, s.r.o., která dodává výrobky hlavně pro elektrotechnický, potravinářský a automobilový průmysl. Strojní vybavení firmy je hydraulický lis CBJ 160, který má tyto parametry: uzavírací sílu



Obr. 20 Rychloběžný lis [30]

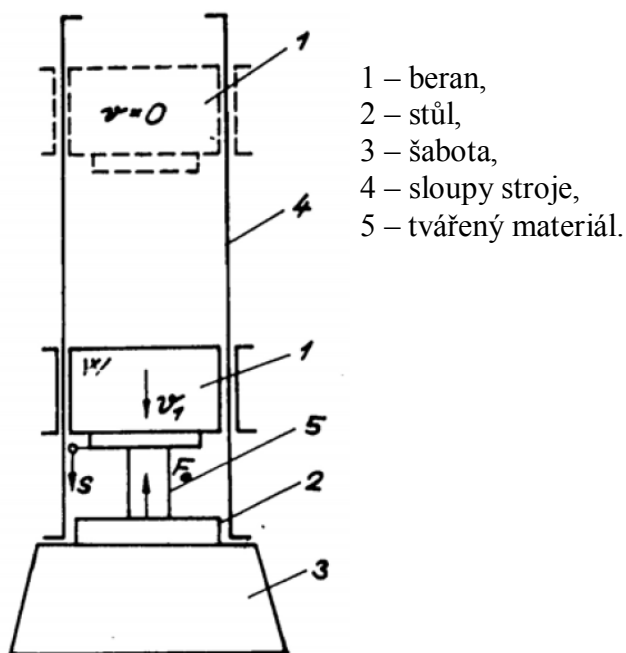
160 t, zdvih pístu 500 mm, rozměry upínací desky 700x700 mm. Lisování na hydraulických lisech provádí další firma Denx Technik s.r.o., která produkuje široký sortiment výlisků převážně do automobilového průmyslu a zpracovává střední i velkosériové zakázky.

V minulosti byl problém v uplatnění hydraulických lisů, jelikož hydraulický systém byl zdrojem netěsností a průsaků oleje. V dnešní době firma BoschRexroth dává záruku těsnosti komponent hydraulických lisů. Firma BoschRexroth vyrábí hydraulické pohony tvářecích strojů, které poté dodává výrobcům lisů ke kompletaci, a které se používají k modernizaci starších hydraulických lisů. V oblasti tváření kovů patří mezi moderní a nové postupy například lisování na rychloběžných hydraulických lisech. Rychloběžný hydraulický lis s počtem zdvihů do 150 za minutu je na obr. 20. Nevýhodou u rychloběžných lisů je větší spotřeba energie. Rychloběžné lisy vyrábí společnost Dieffenbacher.

3 BUCHARY [7] [16] [20] [24]

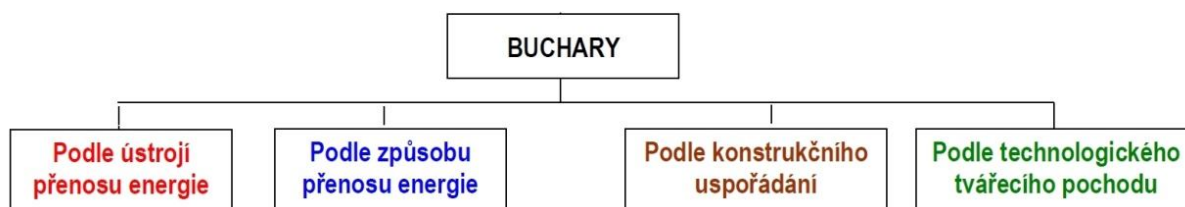
Buchary jsou tvářecí stroje, u kterých se přetvárná práce získá přeměnou kinetické energie. Kinetická energie je nahromaděná v padajícím nebo urychleném beranu, který působí na tvářený materiál, uložený na šabotě. Základní schéma principu a popis bucharu jsou zobrazeny na obr. 21. Buchary se rozdělují podle několika hledisek, což je zřejmé z obr. 22. V příloze 5. se nachází detailnější rozdělení bucharů. Podle ústrojí k přenosu energie, se buchary dělí například na mechanické, hydraulické, plynové a elektromagnetické. Nejpoužívanějšími mechanickými buchary jsou buchary pružinové a padací. Buchary lze dělit podle způsobu přenosu energie

na šabotové a bezšabotové. Šabotové buchary, které mají šabotu (kovadlinu) uloženou v základu stroje nezávisle vzhledem ke stojinám pro vedení beranu, jsou vhodné pro volné kování. Šabotové buchary, které mají šabotu pevně spojenou se strojem, jsou vhodné pro zápusťkové kování, protože mají přesné vedení beranu na tvářený materiál. U bucharů bezšabotových (protiúderové) je šabota nahrazena spodním beranem, který koná současně pohyb proti hornímu beranu. U protiúderových bucharů se rozlišuje přímý pohon pro jeden nebo oba berany. Konstrukce bucharu může být jedno stojanová nebo dvo stojanová.



Obr. 21 Schéma bucharu [7]

Šabotové buchary se dále dělí na jednočinné a dvočinné. Jednočinné buchary se používají na přetváření materiálu z určité výšky, kde beran padá volným pádem. Pohon je u těchto strojů v činnosti pouze při zvedání beranu. U kratších vzdáleností, kde je zapotřebí nějakým způsobem urychlit beran (využívá se tlaku páry, vzduchu, pružiny apod.), se použijí dvočinné buchary. Pohon u dvočinných bucharů je v činnosti jak při zvedání, tak i při urychlování beranu, když koná práci.



Obr. 22 Základní rozdělení bucharů [7]

Buchary se využívají na tváření tvarově složitých výkovků, protože rázový účinek způsobuje vyšší rychlost tečení a snazší zaplňování hlubších dutin ve směru rázu. Buchary se využívají v malosériové výrobě, protože náklady na pořízení stroje a zápustky jsou menší než u lisů.

V dnešní době se většinou buchary používají pro výrobu klikových hřídelí a přírub například pro užitková vozidla. Ať už jde o kontejnerové lodi, lokomotivy, užitková vozidla nebo letadla, většina dopravních prostředků pracujících v globální logistické síti je závislá na velkých kovacíh strojích.

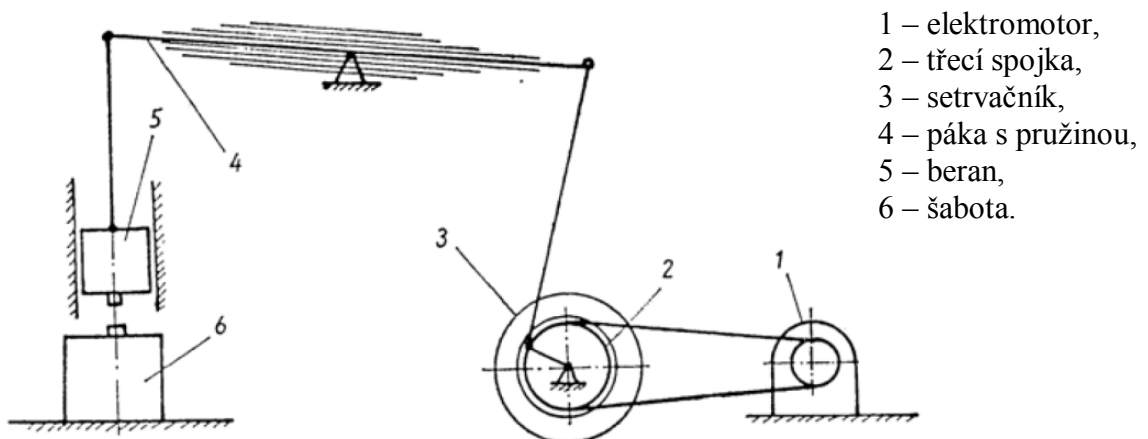
3.1 Mechanické buchary [16]

Mechanické buchary jsou řazeny do skupiny strojů, které pohánějí elektromotory. Energie z elektromotorů je přenášena na beran bucharu pomocí mechanických převodů, skládající se z třecích, ohybných a pružných spojení. Patří sem pružinové, padací, řetězové a lanové buchary. Nejrozšířenějšími mechanickými buchary jsou pružinové a padací buchary.

U mechanických bucharů se výška zdvihu nastavuje jen tehdy, pokud stroj není v chodu. Pro tuto vlastnost se využívají k zápustkovému kování, při kterém není potřeba měnit velikost úderů.

3.1.1 Pružinové buchary [7] [16] [31] [32]

Pružinové buchary patří mezi nejjednodušší stroje, které využívají k překonání přetvárného odporu materiálu kinetickou energii. Beran pružinových bucharů pohání klikový mechanismus. Mezi beran a mechanismus se vkládá pružný člen. Schéma bucharu je uvedeno na obr. 23, u kterého zastupují pružný člen listové pružiny.



Obr. 23 Schéma pohonu pružinového bucharu [7]

Pohonem pružinových bucharů je elektromotor. Síla z elektromotoru se přenáší pomocí plochého řemenu. Pružinové buchary mají malé rozměry beranu a jsou určeny pro jednoduché a lehké kování. Hmotnost beranu je od 15 do 110 kg. Celková konstrukce stroje umožňuje snadnou obsluhu a údržbu. Konstrukce stojanu stroje je taková, že obsluha může pracovat ze tří stran. Šabota je v ose beranu a leží na silném dřevěném podkladě, která zabraňuje přenášení vibrací na rám stroje. Zdvih beranu se nastaví posunutím výstředníku. Pružinové buchary mají nevýhodu, že síla úderu závisí od počtu zdvihů. Velký počet zdvihů za minutu umožňuje vykonávat výkovky na jeden ohřev.

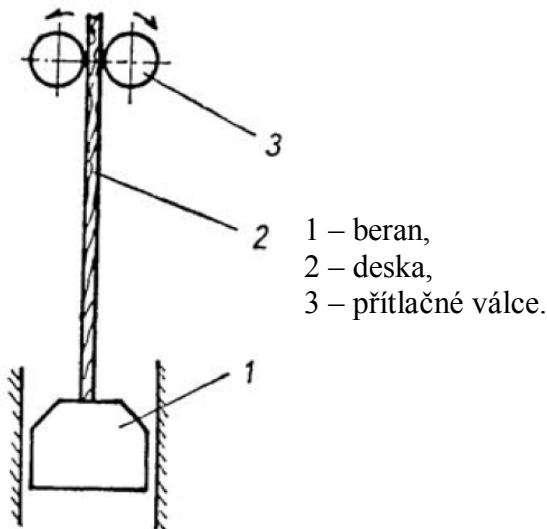
V dnešní době se pružinové buchary využívají v malých kovářských firmách. Mezi firmy, které používají tyto buchary, patří například společnosti Diviš – kovárství a Michal Wunderlich - Umělecké kovárství, kde tyto buchary napomáhají ke zhotovení různých výrobků například plotů, brán, mříží, zábradlí, klik a dekorativních a užitkových doplňků. Pružinový buchar je zobrazen na obr. 24.



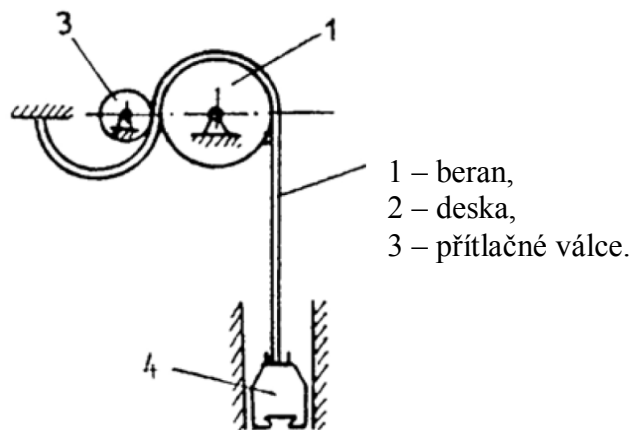
Obr. 24 Pružinový buchar [31]

3.1.2 Padací buchary [7] [16] [34] [40]

Mezi pracovní části těchto strojů patří beran, deska a přítlačné válce. Padací buchary, které jsou zobrazeny na obr. 25, tvoří deskové a řemenové buchary (obr. 26). U těchto bucharů se beran zvedá do určité výšky a po uvolnění padá beran bucharu volným pádem na tvářený materiál.



Obr. 25 Schéma pohonu deskového bucharu [7]



Obr. 26 Schéma pohonu řemenového bucharu [7]



Obr. 27 Padací buchar [34]

U deskových bucharů je beran zvedán nejčastěji dřevěnou deskou. Deska je upevněna mezi kladkami a poháněna řemeny a dvěma motory. Spouštění beranu se děje uvolněním palců, které drží beran v horní poloze. Uvolnění palců se provádí ovládacím mechanismem. Tyto buchary se vyrábějí s hmotností beranu 500 až 2500 kg. Počet zdvihů závisí na velikosti zdvihu, který se nachází v rozmezí od 0 do 1 500 mm, pak je počet zdvihů v rozsahu od 35 do 70 za minutu. Nevýhodou je značné opotřebení válců a desky, které se navzájem dotýkají.

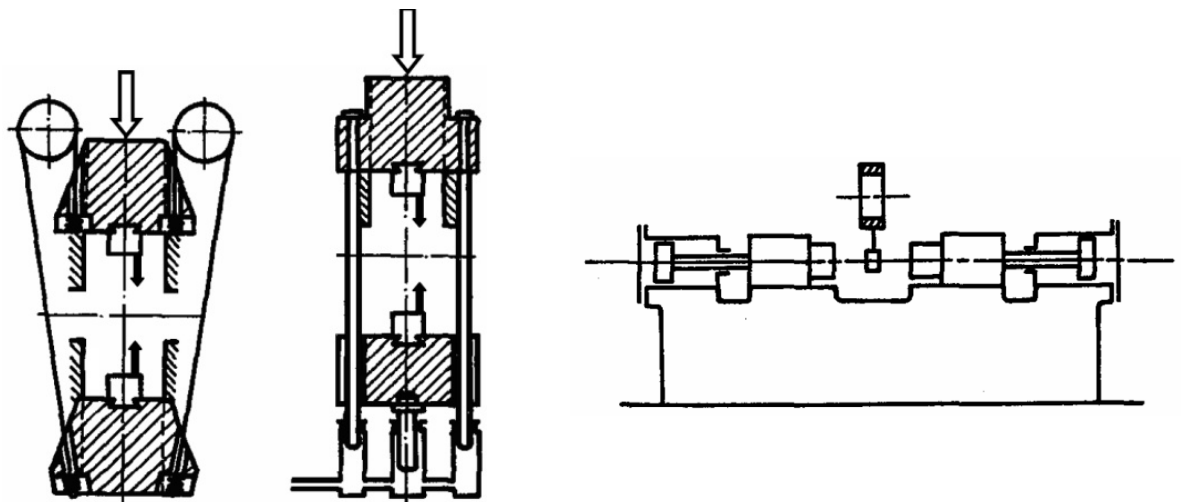
Řemenové buchary, jak sám název již napovídá, využívají řemeny ke zvedání beranu. Pohonem je

elektromotor, který pohání řemenici. Zvedání probíhá za pomoci přítlačné kladky. Spouštění beranu je provedeno uvolněním přítlačné kladky. Hmotnost padacích částí může být až 2 500 kg. Zdvih u řemenových bucharů je 1 600 mm.

Padací buchary využívá například firma ZVU Kovárna, a.s. z Hradce Králové, která používá konkrétně padací buchar KPH 2000, který je vhodný na kování zápustky o hmotnosti do 3 kg. Padací buchar je zobrazen na obr. 27.

3.2 Protiběžné buchary [4] [35] [36] [37]

Protiběžné (protiúderové) buchary nemají ve spodní části stůl (šabotu), ale mají spodní beran, který se pohybuje současně proti beranu hornímu. Protiběžný pohyb je svázaný nebo nezávislý. A dále buchary mají hmotnost obou beranů shodnou nebo různou. V praxi bývá hmotnost spodního beranu větší o 10 až 20 % než hmotnost horního beranu. Rychlost obou beranů bývá stejná a po střetnutí beranů při tváření nastává zdvih obou beranů s tvářeným materiálem směrem vzhůru. Konstrukce protiběžných bucharů se dělí na vertikální nebo horizontální.



Obr. 28 Schéma protiběžných bucharů [37] Obr. 29 Schéma horizontálního bucharu [37]

U vertikálních bucharů je jeden beran ovládan podobně jako u bucharu se šabotou, a to parou, mechanicky, hydraulicky nebo vzduchem. Druhý beran je svázaný mechanicky nebo hydraulicky s prvním beranem. Vazba u protiběžných bucharů se svázaným pohybem je hydraulická nebo pásová. Ukázka obou vazeb je zobrazena na obr. 28. Nejvíce jsou používány buchary s pásovou vazbou, u kterých jmenovitá energie dosahuje 500 kJ. Po úderu obou beranů se s nástrojem pohybují směrem vzhůru, a tím se odlehčí pásová konstrukce beranu. Pohon je nejčastěji parovzdušný. Protiběžné buchary s hydraulickou vazbou se používají na kování velkých výkovků, u kterých je energie úderu až 1300 kJ. Jejich princip práce je na základě spojených nádob.

Horizontální protiběžné buchary se používají na kování v zápustkách a na volné kování. Schéma principu horizontálních bucharů je uveden na obr. 29. Oba berany se pohybují v horizontální rovině proti sobě. U těchto strojů je pracovní médium pára nebo stlačený vzduch. Pracovní médium se dodává do pracovních válců. Horizontální buchary se vyrábějí s pracovní energií úderu až 550 kJ.

V dnešní době se využívá bucharů, které mají beran poháněn pneumaticky nebo hydraulicky. Je to z důvodu snadnější a levnější údržby. U hydraulických pohonů je výhodou oproti pneumatickým přesnější nastavení, ale co se týče maximální energie, tak u pohonu s hydraulikou je 400 kJ, což je způsobeno maximálním zatížením hydraulického systému. S pohonem pneumatickým, stroje dosahují energie až 1400 kJ. Takové stroje se používají na výrobu dlouhých kovaných dílů, jako jsou přední osy nákladních automobilů a klikové hřídele. Protiběžné buchary vyrábí společnost Schuler Group.

Trend dnešní doby je zaměřen na řízení a obsluhu strojů. Například řídicí program MW – FCS (MW Forge Control System) usnadní obsluhu používat všechny dostupné pracovní režimy, a to nastavení, pozicování formy, manuální nebo automatický provoz, nastavení počet úderů, množství energie jednotlivých úderů a pauzy mezi údery. Protiběžný buchar se nachází na obr. 30.

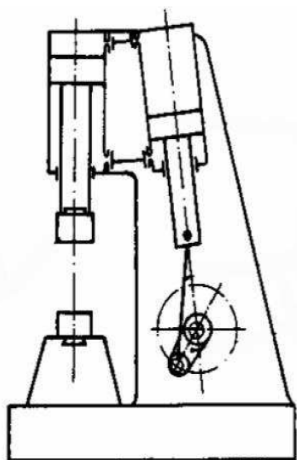


Obr. 30 Vertikální protiběžný buchar [38]

3.3 Pneumatické buchary [37] [39] [40]

Princip pneumatických bucharů je zobrazen na obr. 31. Pohon je veden od elektromotoru klikovým mechanismem, který ovládá píst kompresoru. Beran je poháněn tlakem vzduchu, který je ve spodní nebo horní části prostoru pracovního válce. Počet úderů beranu je roven počtu otáček kliky, přitom nezávisí na energii úderu, ani na velikosti zdvihu.

Pneumatické buchary se dělí na jednočinné a dvojčinné. U jednočinných bucharů je kompresor spojen jen s jednou stranou pracovního válce. Pohyb beranu směrem dolů se vyvozuje tlakem vzduchu a vlastní hmotností beranu. Zpětný pohyb směrem vzhůru je vyvozen jen atmosférickým tlakem ze spodní strany a pod tlakem nad pracovním pístem.



Obr. 31 Schéma pneumatického bucharu [37]



Obr. 32 Pneumatický buchar [40]

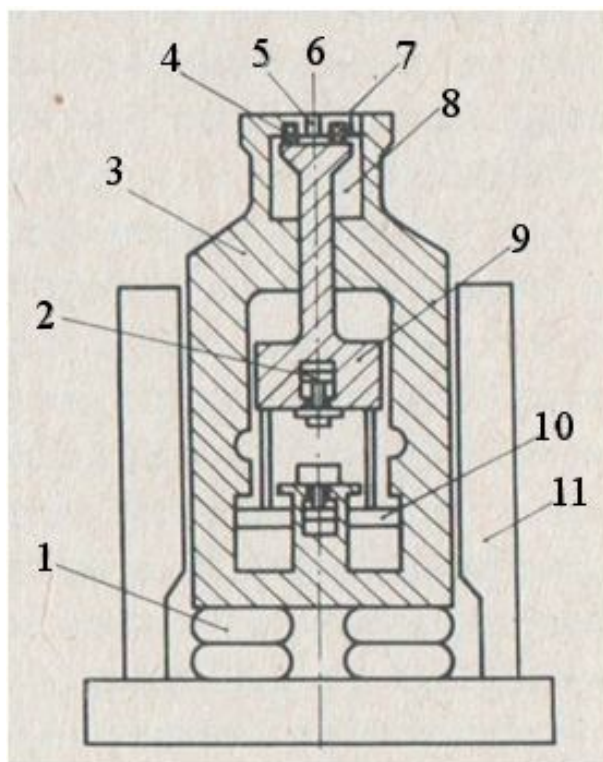
U dvojčinných bucharů se stlačený vzduch přivádí na obě strany pístu. Takovéto uspořádání zaručuje dobré využití bucharu při kování. Buchary mají dobrou účinnost a dobrou regulovatelnost energie úderu.

Pneumatické buchary se používají z důvodu jejich snadné a jednoduché ovladatelnosti. Obsluha ovládá buchar pomocí ruční páky a nožního pedálu. Mezi výhody těchto strojů patří čtyřstupňové nastavení práce bucharu. Podle potřeby může obsluha držet beran v horní poloze, přitlačovat do dolní polohy, tvářet jednotlivými údery nebo v sériích lehkými údery či plným výkonem. Pneumatické buchary Anyang řady C41 se vyrábí v 5 velikostech, přičemž konstrukční provedení je stejné.

Malé buchary se využívají na běžné kovářské práce, a to vytahování, pýchování, prorážení, sekání, svařování, ohýbání a kroucení. Označují se například C41 – 15, kde číslo za pomlčkou značí hmotnost beranu. Na obr. 32 je zobrazen jeden z řady malých pneumatických bucharů. Velké pneumatické buchary (o hmotnosti beranu 150kg, 250kg, 560kg, 750kg, 1 000kg) se používají na volné kování, na pýchování, děrování či kování hřidelů.

3.4 Plynové buchary [16] [37]

Nositelům energie plynových bucharů je plyn, nejčastěji dusík. Plyn se přemění v kinetickou energii, která pohybuje beranem. Buchary se používají na kování těžko tvářitelných materiálů s vysokým deformačním odporem, vysokouhličkových a legovaných ocelí, žárovevných, antikoročních ocelí a na kování chromu, wolframu, molybdenu se používají vysokorychlostní buchary.



- 1 – pružiny,
- 2 – vyhazovač,
- 3 – rám,
- 4 – těsnění,
- 5 – otvor,
- 6 – píst,
- 7 – doplňovací otvor,
- 8 – válec,
- 9 – beran,
- 10 – dva hydromotory,
- 11 – vodící lišty.

Obr. 33 Buchar pracující se stlačeným dusíkem [37]

Principem vysokorychlostního kování je, že nástroj dopadá na tvářený materiál vysokou rychlostí. Při vysokých rychlostech dochází ke změně deformační rychlosti tvářeného materiálu, protože se zvyšováním deformační rychlosti roste i přetvárný odpor tvářeného materiálu. Což způsobuje negativní vlastnost tvářecího procesu, protože rychlým přetvářením tvářeného materiálu vzniká tepelný efekt.

Tvářecí rychlost by měla být 10 až 30 m.s⁻¹, aby nedocházelo k negativním vlivům přetvárného odporu, který stoupá se zvyšující rychlostí tváření. Při nízkých rychlostech se tepelný efekt neprojevuje, ale při vyšších rychlostech převládá negativní účinek přetvárného odporu.

Plynové buchary se rozdělují podle nositele energie na buchary pracující se stlačeným vzduchem a stlačeným dusíkem.

Vysokorychlostní buchary pracující se stlačeným dusíkem pracují v uzavřeném systému pracovního média, jak je ukázáno na obr. 33. Zdvih beranu 9 je prováděn dvěma hydromotory 10. V momentě dotyku pístu 6 s těsněním 4 se otvorem 5 vypustí stlačený plyn. V horní poloze se beran drží tlakem plynu, který působí na píst 6. Doplnění dusíku do válce 8 se provádí přes otvor 7. Velikost zdvihu beranu je konstantní a energie rázu bucharu závisí na tlaku ve válci 8. Pracovní zdvih stroje se koná stlačením plynu přes otvor 5. Beran bucharu 9 je urychlován tlakem plynu na píst 6, který expanzí působí na čelo pístu. Hotový výkovek se vytahuje pomocí vyhazovače 2.

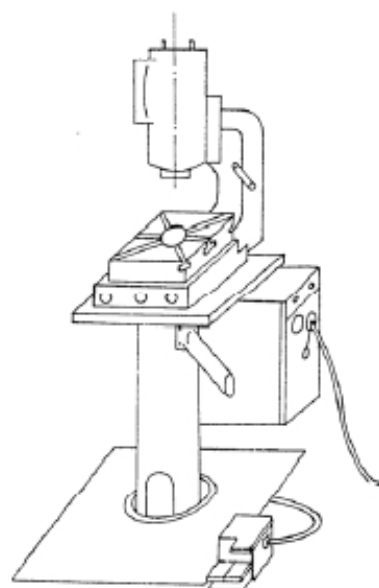
Vysokorychlostní buchary, které pracují se stlačeným vzduchem, používají pracovní medium o tlaku 7 MPa. Tento buchar se ovládá elektropneumaticky.

3.5 Elektromagnetické buchary [7]

U těchto strojů se používá jako zdroj energie elektromagnet. Pohyblivým jádrem v tomto případě je beran bucharu. Elektromagnetické buchary nevyužívají žádné mechanické díly (ozubení, převody). Jelikož impuls k urychlení beranu je krátký (menší jak jedna vteřina), je spotřeba proudu malá, protože o návrat beranu se stará pružina.

Tyto stroje se používají pro lehké kování. Na elektromagnetických bucharech se mohou provádět operace např. prorážení, rovnání, nýtování, ohýbání, kování, ražení atd.

Elektromagnetické buchary mají konstrukci, kde nosnou částí je stojan a rameno nesoucí hlavu stroje. V podstavci je ukryt elektrický systém, který řídí chod bucharu. Pracovní hlava se skládá z cívky elektromagnetu, která se nachází v dolní části, a vodící tyče, které jsou na horní části hlavy, a z vidlice, která zajišťuje polohu beranu proti pootočení. Pracovní hlava se dá velice snadno výškově nastavit, a to stavěcím šroubem. Elektromagnetický buchar je zobrazen na obr. 34. Beran je veden ve dvou válcových bronzových pouzdrech, což umožní výměnu pouzder, protože i po několikaletém provozu dojde k nežádoucímu opotřebení. V horní poloze je dosednutí beranu zajištěno tlumičem z pryže. Energie úderu se plynule upravuje nastavením koncových spínačů. Elektromagnetický buchar je ovládán tlačítky nebo nožním spínačem.



Obr. 34 Elektromagnetický buchar [7]

4 ROTAČNÍ TVAROVACÍ STROJE [16]

Rotační tvarovací stroje se vyznačují tím, že tváření materiálu dochází za pohybu polotvaru. Takto nepřerušovaný tvářecí chod vede k automatizaci podávání polotvaru. Pracovní čas rotačních tvářecích strojů je oproti bucharům či mechanickým lisům daleko delší. Rotační tvarovací stroje nacházejí uplatnění v tvarování různých profilů. Tyto profily se vyrábějí lisováním, protlačováním a válcováním.

Rotační tvarovací stroje se dělí podle technologie tváření na plošné a objemové. Do oblasti plošného tváření patří rovnací stroje, ohýbací stroje, zakružovačky, stroje na rotační vytlačování, stroje na tvarování děr odvalováním, profilovací válce. Do oblasti objemového tváření patří kovací válce, stroje na válcování závitů a drážek, stroje na rotační vytlačování za tepla a na stroje na periodické válcování za tepla. Základním parametrem u rotačních tvarovacích strojů je jmenovitý krouticí moment na hlavním hřídeli.

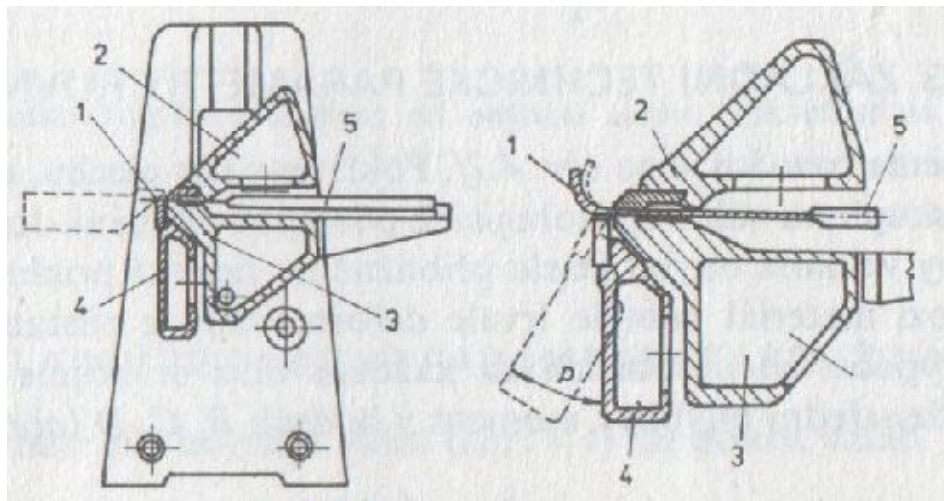
4.1 Ohýbací stroje [37] [41] [42] [43] [44] [45]

Ohýbací stroje se používají na plošné tváření. Tyto stroje se dělí dle pohonu. Pohon může být ruční, motorický nebo hydraulický. Na obr. 35 je zobrazen ruční ohýbací stroj. Tyto stroje se využívají na ohýbání plechů, tvarových profilů atd. Ohýbají materiál o tloušťce 1 až 10 mm a šířce od 1000 až 4000mm.

Princip ohýbání je schematicky znázorněn na obr. 36. Plech 1 se sevře mezi čelisti 2, 3 a výkyvnou kulisu 4 okolo pravítka se ohne na požadovaný tvar (profil). Vzdálenost ohnutého ramene plechu omezuje posuvný doraz 5.



Obr. 35 Ruční ohýbací stroj [41]



Obr. 36 Princip ohýbání [16]

Ruční ohýbací stroje se používají například v kusové výrobě a na různé klempířské práce (výrobu vnějších, vnitřních profilů a tmelících, závětrných lišt). Z řady firem využívá tento stroj například firma Izolprotan, s.r.o., která se zaměřuje na výrobu a klempířské práce střech. Automatické ohýbací stroje se používají pro malé, střední a velké série. Ohýbačky plechu

řady XOMM jsou určeny na ohýbání plechu v klempířských a údržbářských dílnách pro sériovou výrobu. O pohon stroje se starají dva elektromotory, z nichž jeden pohání ohýbací čelist a druhý elektromotor se stará o horní čelist. Nastavení ohýbací čelisti a spodního dílu se provádí za pomoci nastavovacích šroubů, které umožňují snadnou výměnu pracovních lišt. Elektromotorová ohýbačka s řídicím panelem je zobrazena na obr. 37. Ohýbací stroj se značí například XOMM 2000/4, kde číselné značení znamená pracovní šíři a maximální tloušťku ohýbaného materiálu.

Například firma GWF Mengele vytvořila řadu ohraňovacích lisů Twister. Tato nová řada ohraňovacích lisů dokáže plně automaticky během pár vteřin vyměnit několik nástrojů. Automatizace výměny znamená, že odpadá vedlejší čas na výměnu. Stále více klempířských firem, výrobců vzduchotechniky či plechového nábytku si momentálně pořizuje ohýbačky.

V současné době lze považovat za trend, co nejpřesněji vyrobit požadované ohnutí plechu. Aby výsledek byl v požadované toleranci, používá se přímo na strojích měření za pomoci laseru. Při použití Easy Form Laser (EFL) se zmenší vliv odpružení materiálu na výsledný úhel. Systém EFL kontroluje úhel ohýbání buď po uložení hodnot o materiálu, nebo ohýbání probíhá nadvakrát, kde se nejdříve ohýbá materiál částečně a laserem se měří odpružení. Se systémem EFL se získává vysoká přesnost, flexibilita a použití bezdotykového měření. Výrobce zaručuje přesnost měření $\pm 0,2^\circ$. Další novou technologií je ohýbací systém firmy RAS a jedná se o FlexiBend. Při ohýbání leží materiál na pracovní ploše a CNC jednotka, která řídí palce dorazu, zachytí plech a přepraví do požadované polohy. Dorazy systému tuto operaci zvládají do dvou vteřin. Plech se poté upíná mezi horní a spodní čelisti stroje. Jelikož celá plocha plechu leží na ploše stroje, nehrozí deformace vlastní vahou. Pomocí systému FlexiBend se stává proces ohýbání mnohem rychlejší, bezpečnější a kvalitnější.



Obr. 37 Elektromotorová ohýbačka [43]

4.2 Zakružovací stroje [37] [44] [46] [47] [48] [49] [50]

Zakružovací stroje, které se někdy nazývají zakružovačky, pracují pomocí několika pracovních válců. Zakružovačky se dělí na dvouválcové, tříválcové a čtyřválcové. Zakružovací stroje tváří materiál mezi pracovními válci. Zakružovací stroje se používají na zakružování plechu nebo zakružování různých profilů. Dvouválcové zakružovací stroje se konstruují jen zřídka. Tříválcové zakružovací stroje získávají požadovaný tvar jediným pracovním postupem. Nevýhodou této technologie je, že tvarová přesnost je zaručena jen při malém průměru zakružovaných profilů.



Obr. 38 Dvouválcová zakružovací stroj [48]

Čtyřválcový zakružovací stroj vyrábí přesné zakružovací dílce. Postup práce na čtyřválcové zakružovačce je uveden v příloze 6.



Obr. 39 Detail vyjmutí válce [46]



Obr. 40 Zakružovačka PBM 50 [47]

Dvouválcové zakružovačky jsou určeny pro ohýbání tenkých materiálů a jsou schopny dosáhnout velmi malých zakružovaných průměrů oproti tříválcovým a čtyřválcovým zakružovačkám. Na obr. 38 je znázorněna dvouválcová zakružovačka. Například firma VSŽ Unicorn Tornala, s.r.o. využívá dva typy zakružovaček. Ruční zakružovačky plechu typu XZCR patří mezi jednoduché stroje, které se používají pro klempířské, zámečnické a opravárenské dílny. Podle technologie zpracování jsou určeny k oboustrannému zakružování plechů do válců bez předcházejícího ohybu, případně k částečnému rovnání plechů. Funkce tří pracovních válců je rozdílná. Spodní a horní válec jsou přestavitelné a horní válec je výklopný. Rám stroje zabezpečuje optimální ergonomickou výšku pracovního místa, protože konstrukce je svařovaná a zároveň je přizpůsobena ke vhodnému ukotvení stroje na podlahu. Vytažení zakružovaného výrobku se provádí vyjmutím horního válce, postup je zobrazen na obr. 39.

Elektromechanická zakružovačka plechu typu XZM je tříválcová zakružovačka, která má schopnost tvářet za studena a do tvaru válcových nebo kuželových plášťů. Pracovní válce jsou uspořádány do tvaru pyramidy. Dva spodní válce, které jsou uloženy v kluzných ložiskách, jsou poháněny elektromotorem. Třetí válec (horní) se nachází též v kluzných ložiscích a je bez pohonu, ale co se týče výškového posunutí tak se provádí elektromechanicky. Na straně se nachází posuvně vyklápěcí hlava. Vyklápění není poháněno strojně, ale je prováděno ručně.



Obr. 41 Zakružovací stroj Durma HRB-4 [49]

Zakružovací stroje elektromechanické jsou určeny k zakružování profilů různých profilů do tvaru kruhu a oblouku. Zakružovací stroj firmy Durma je znázorněn na obr. 40. Hlavní těleso stroje je svařená konstrukce. Zakružování probíhá ve vertikální poloze mezi kladkami, které jsou umístěny na horizontálních hřídelích. Pohon kladek je prováděn elektromotorem s možnou plynulou regulací. Spodní kladky jsou uloženy pevně. Horní kladka se přestavuje ručně. Hydraulické zakružovačky jsou určeny na zakružování různých profilů tyčí o průřezech L, T, I, U, čtvercového, obdélníkového a kruhového při použití speciálního příslušenství. Hydraulické stroje mají přestavitelné spodní kladky oproti horní, která je upevněna pevně. Pomocí přestavitelnost kladek lze docílit asymetrické uspořádání, což umožňuje zkrátit délku



Obr. 42 Zakružovačka Davi [50]

nezakroužených tyčí na minimální hodnotu. Pohon je tvořen soustavou ozubených kol, které přenášejí kroutící moment rotačního hydromotoru na hřídele kladek. Hydraulické stroje zakružují plechy o tloušťce 0,5 až 40 mm a šířce 2100 až 4000 mm. Tyto parametry má například čtyřválcová hydraulická zakružovačka HRB-4, kterou vyrábí firma Formetal, s.r.o. a je znázorněna na obr. 41.

Cílem je dosáhnout co nejnepřesnější a nejrychlejší koncepce těchto strojů. Mezi standardní vybavení strojů patří digitální odměřování polohy spodních válců a hydraulická ochrana proti přetížení. Digitální odměřování válců pracuje s přesností 0,5 mm. V dnešní době se již dají tyto stroje plně elektronicky řídit, například čtyřválcová hydraulická zakružovačka 4HBR obsahuje CNC řízení. U hydraulických zakružovaček je velkou výhodou jejich použití, protože se dají používat na zakružování v horizontální rovině i ve vertikální rovině. Na obr. 42 je znázorněna zakružovačka plechu Davi, která pracuje v Kenedyho vesmírném centru. Nasa pomocí této zakružovačky vyrábí části raket Ares.

4.3 Válcovací stolice [10] [52] [53] [54] [55]

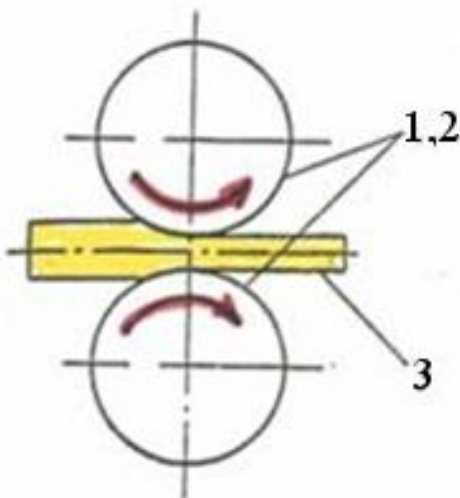
Válcovací stolice se používají v objemovém tváření. Jsou to stroje, které zpracovávají materiál válcováním, a to za tepla i za studena. U této technologie koná nástroj rotační pohyb. Nástrojem jsou dva pracovní válce, které mají většinou rovnoběžnou osu.

Válcovací stolice se používají pro válcování plechů i pro válcování profilů. Tváření probíhá mezi materiálem a válci. K nastavování pracovních válců do polohy, ve které probíhá tváření, slouží válcovací stolice. Nastavení je důležité z hlediska zachycení silových účinků, které provázejí tváření na válcovacích stolicích. Stolice rozlišujeme dle smyslu otáčení válců na jednosměrné a vratné. U jednosměrných stolic se válce otáčejí stále jedním směrem. U vratné (reversní) stolice se smysl otáčení válců mění.

Konstrukce válcových stolic se skládají ze sady válců, ložiskových těles, dvou stojanů, zařízení pro vyvažování, pro stavění válců, pro výměnu válců a příslušenství. Sada válců může být jak horizontální, tak i vertikální. Ložisková tělesa slouží k uložení válců a jsou vedeny ve stojanech.

Válcovací stolice se dělí podle počtu pracovních válců na duo, trio, lauthovo trio a kvarto. Válcovací stolice duo obsahuje dva pracovní válce, které jsou poháněcí. Dvouválcová stanice se konstruuje jako svislá, vodorovná a univerzální. Nevýhodou dvouválcové stolice je, že pracovní válce nezvládají vyvinout dostatečný tlak. Díky tomu dochází k menším úběrům válcovaného materiálu. Schéma dvouválcové stolice je zobrazen na obr. 43. Trio stolice má tři pracovní válce, z nichž dva (horní a dolní) jsou uloženy pevně a prostřední je stavitelný. Prostřední válec se opotřebovává dvakrát rychleji než válce krajní. Je to způsobeno postupem materiálu mezi spodním a prostředním válcem a následným vrácením mezi prostřední a horní válec. U trio stolice jsou všechny válce poháněcí. Lauthovo trio má podobnou konstrukci jako běžné trio. Prostřední válec, který je stavitelný, má průměr o 1/3 menší než horní a spodní válec. Principem je, že při průchodu materiálu se střední válec opírá o jeden ze dvou válců. Spodní a horní válec je poháněn, ale střední válec je vlečen. Kvarto využívá dva válce pracovní a dva válce opěrné na krajích. Dva pracovní válce jsou ve styku s válcovacím materiálem. Dalšími stolicemi jsou tzv. mnohonásobné stolice (6, 12, 14, 20, planetová). Čím více válců se používá, tím se může dosáhnout menší tloušťky plechu.

Firma Evraz Vítkovice Steel, a.s. se zabývá válcováním výrobků z oceli. Do technické vybavenosti firmy patří válcovna kvarto, která má parametry: výrobní kapacita 755 tis. t/rok, délka válců 3 500 mm, průměr pracovních válců 940 – 1005 mm, minimální tloušťka plechů 5 mm, maximální tloušťka plechů 80 mm, maximální šířka plechů 3 300 mm, maximální délka plechů 16 000 mm a válcovací síla 62 000kN. Na obr. 44 je znázorněna dvouválcová stolice duo 350 firmy TS Plzeň, a.s.



1,2 - pracovní válce, 3 - materiál

Obr. 43 Schéma dvouválcové stolice [52]



Obr. 44 Dvouválcové stolice 350 [53]

5 ZÁVĚRY [1] [25] [30] [56]

Tvářecí stroje se rozdělují do několika skupin dle mnoha faktorů. Základní rozdělení tvářecích strojů je podle způsobu realizace silových veličin. Dělí se na silové, zdvihové a energetické. Zastoupené stroje jsou hydraulické (silové), mechanické (zdvihové) a buchary (energetické). Dalším faktorem pro rozdělení tvářecích strojů je např. pohyb relativního výstupního členu, dle tvářecího pochodu atd. U strojů je popsán princip a příklady použití v praxi.

Nové možnosti hydraulických pohonů umožnily nejen konstrukci samotných lisů ale i celé výrobní linky. Pracoviště obsahuje takové uspořádání, ve kterém je odvíječka svitků se zásobní smyčkou, rovnačka, válečkový nebo kleštinový podavač, hydraulický lis s postupovým nástrojem s odbavením výlisků a odpadů. Rychloběžné hydraulické lisy rozšiřují technologické možnosti plošného tváření a vzhledem k jejich vlastnostem a nízké ceně může být jejich použití ve výrobě nejvýhodnější variantou. Nastavení a výměnu nástrojů nových parametrů lisu lze velmi snadno automatizovat. U hydraulických lisů časová ztráta potřebná na výměnu nástroje prakticky odpadá.

Trendem v ohýbání plechu je systém FlexiBend. Tento systém si vystačí s jedinou sadou nástrojů (bez ohledu na tloušťku materiálu). Zde jasně vyplývá, že je snahou zkracovat potřebný pracovní čas. Obsluhu tohoto systému zvládne jedna osoba a to včetně manipulace s velkými plechy. Plocha stolu je totiž opatřena pohyblivými kuličkami, které zajišťují minimální opotřebení povrchu plechu, což umožňuje tvářet materiál opatřený povrchovou úpravou. Také již zmíněný systém Easy Form Laser (EFL), který dodává ke svým lisům firma LVD, je laserový bezkontaktní systém odměřování přesnosti ohybu. Zajišťuje eliminaci odchylky tloušťky, pevnosti a rozdílu odpružení materiálu. Další využitím je urychlení nastavení náradí, kde laser ukáže začátek a konec umístění.

V oblasti tvářecích strojů je trendem plná automatizace výroby, ať už jde o přípravu materiálu (dodání tabule plechu), obsluhu stroje, výměnu nástrojů a na konci cyklu odebrání hotového výrobku. Pro přesně zorganizované automatické systémy slouží konstruktérům počítače, které umí nasimulovat celý proces výroby, a konstruktér pak může optimálně navrhnout celý systém.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. KUBEC, Václav; ČECHURA, Milan. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2010 [cit. 2011-05-18]. Současné konstrukční možnosti při návrzích rámu velkých hydraulických lisů. Dostupné z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/soucasne-konstrukcni-moznosti-pri-navrzich-ramu-velkych-hydraulickych-lisu>>.
2. LENFELD, Petr. *Technická univerzita Liberec: Fakulta strojní* [online]. b. r. [cit. 2011-05-18]. Technologie objemového tváření – kování. Dostupné z WWW: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/03-kovani/05-buchary.JPG>.
3. *IBazar.cz* [online]. 2010 [cit. 2011-05-18]. Zakružovačka pro zakružování profilů nového typu čes. výroby. Dostupné z WWW: <<http://www.i-bazar.cz/1638113-zakruzovacka-pro-zakruzovani-profilu-noveho-typu-ces-vyroby/>>.
4. *První hanácká Bow* [online]. © 2005 - 2011 [cit. 2011-05-18]. Hydraulický lis 160 tun M/H - M/C-2. Dostupné z WWW: <<http://www.bow.cz/produkt/8210083-hydraulicky-lis-160-tun-m-h-m-c-2/>>.
5. *TST servis* [online]. © 2005 [cit. 2011-05-18]. Výstředníkové lisy LEN 10,25,40,63 C. Dostupné z WWW: <<http://www.tstservis.cz/len10.php>>.
6. NOVOTNÝ, Karel. *Výrobní stroje a zařízení: Tvářecí stroje* [online]. [s.l.]: [s.n.], září 2002 [cit. 2011-04-11]. Dostupné z WWW: <http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/download/vyrobní_stroje_a_zarizeni__novotny.pdf>.
7. MAŇAS, Stanislav. *Výrobní stroje a zařízení: Tvářecí stroje* [online]. ČVUT v Praze: [s.n.], 2006/2007 [cit. 2011-04-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.strojar.com/download/file.php?id=653>>.
8. *Eccentric Press* [online]. c1999-2011 [cit. 2011-05-17]. Alibaba.com. Dostupné z WWW: <http://www.alibaba.com/productshowimg/el mali-11442987-10928254/Eccentric_Press.html>.
9. *Cesta železa* [online]. b. r. [cit. 2011-05-18]. Zpracování železa. Dostupné z WWW: <<http://www.zs.vlachovice.cz/odkazy/prakticke%20cinnosti/cesta%20zeleza/liti%20a%20tvarovani.html>>.
10. STANĚK, Jiří. *Základy stavby výrobních strojů: Tvářecí stroje*. Vyd. 1. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2004. 126 s.
11. *Prato, spol. s.r.o.* [online]. © 14.5.2011 [cit. 2011-05-18]. Šmeral LKO 315. Dostupné z WWW: <<http://www.prato.cz/cgi-bin/602cgi8/is-prato/web/nabs.htw?lang=0&mn=3&pmn=0&str=3>>.
12. *Manutan* [online]. b. r. [cit. 2011-05-18]. Profesionální hydraulické lisy. Dostupné z WWW: <http://www.manutan.cz/profesionalni-hydraulicke-lisy_M670081.html>.
13. *Allbiz* [online]. © 2010-2011 [cit. 2011-05-18]. Padací buchar mechanický pro obrábění kovů. Dostupné z WWW: <<http://www.all-biz.info/cs/buy/goods/?group=1032635>>.

14. KRÁLÍK, Jiří. Návrh děleného stojanu pro lis LZK 500. In *Návrh děleného stojanu pro lis LZK 500* [online]. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2010 [cit. 2011-05-18]. Dostupné z WWW: <[http://old.fst.zcu.cz/_files_web_FST/_SP_FST\(SVOC\)/_2010/_sbornik/PapersPdf/Mgr/Kralik_Jiri.pdf](http://old.fst.zcu.cz/_files_web_FST/_SP_FST(SVOC)/_2010/_sbornik/PapersPdf/Mgr/Kralik_Jiri.pdf)>.
15. Technická univerzita v Košicích. *Lisy: Študijný materiál* [online]. [s.l.]: [s.n.], 2005 [cit. 2011-04-11]. Dostupné z WWW: <www.sjf.tuke.sk/kvtar/1/files/09_Lisy.pdf>.
16. KOVÁČ, Andrej a Bedřich RUDOLF. *Tvárníace stroje*. Vyd. 1. Bratislava: Alfa, vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, n.p., 1989. 376 s. ISBN 80-05-00126-6.
17. *Tvářecí stroje* [online]. b. r. [cit. 2011-05-18]. Šmeral Brno. Dostupné z WWW: <<http://www.netdev.cz/sstk/cz/pdf/smeral.pdf>>.
18. *WFmetal* [online]. © 2005 - 2010 [cit. 2011-05-18]. O společnosti. Dostupné z WWW: <<http://www.wfmetal.cz/technologie.php>>.
19. *Kovo Staněk* [online]. b. r. [cit. 2011-05-18]. Staněk. Dostupné z WWW: <<http://www.kovostanek.cz/kontakty>>.
20. RUDOLF, Bedřich a Miloslav KOPECKÝ. *Tvářecí stroje: Základy výpočtu a konstrukce*. Vyd. 1. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, n.p., 1979. 408 s.
21. *Žďas* [online]. b. r. [cit. 2011-05-18]. Lisy klikové dvoubodové LKDA. Dostupné z WWW: <<http://www.zdas.cz/content.aspx?id=72>>.
22. NOVOTNÝ, Karel. *Výrobní stroje a zařízení: Tvářecí stroje* [online]. [s.l.]: [s.n.], září 2002 [cit. 2011-04-11]. Dostupné z WWW: <http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/download/vyrobní_stroje_a_zarizení__novotný.pdf>.
23. *Šmeral* [online]. b. r. [cit. 2011-05-18]. Kolenové razicí lisy. Dostupné z WWW: <<http://www.smeral.cz/CZTvarKol.html>>.
24. PETRUŽELKA, Jiří a Richard BŘEZINA. *Úvod do tváření I* [online]. Ostrava: [s.n.], 2001 [cit. 2011-04-11]. Dostupné z WWW: <http://www.345.vsb.cz/jiripetruzelka/Texty/Uvod_TV1.pdf>.
25. HRDINA, Jan. *MM Průmyslové spektrum* [online]. b. r. [cit. 2011-05-18]. Hydraulické pohony tvářecích strojů. Dostupné z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/hydraulicke-pohony-tvarecich-stroju>>.
26. *Žďas* [online]. b. r. [cit. 2011-05-18]. Hydraulické lisy. Dostupné z WWW: <<http://www.zdas.cz/content.aspx?catid=18>>.
27. *Rakovnické tvářecí stroje* [online]. © 2010 [cit. 2011-05-18]. Montážní a dílenské lisy. Dostupné z WWW: <http://www.tosrakovnik.cz/tisk.php?page=vyrobní_program>.
28. *Rodos kovo* [online]. 2011 [cit. 2011-05-18]. O společnosti. Dostupné z WWW: <<http://www.rodos.cz/?clanek=4>>.
29. *Denx technik* [online]. © 2008 [cit. 2011-05-18]. O společnosti. Dostupné z WWW: <<http://www.denex.cz/uvod/T1>>.

30. JOPEK, Miroslav. *MM Průmyslové spektrum* [online]. © 2008 [cit. 2011-05-18]. Rychloběžné hydraulické lisy. Dostupné z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/rychlobezne-hydraulicke-lisy>>.
31. *AgroSeznam* [online]. © 2007 - 2011 [cit. 2011-05-18]. Buchar KAP 70. Dostupné z WWW: <<http://www.agroseznam.cz/cz/agrobazar/detail-inzeratu/16531-buchar-kap-70.html>>.
32. *Diviš kovářství* [online]. © 2007 [cit. 2011-05-18]. Kovářství . Dostupné z WWW: <<http://www.kovarstvi-divis.cz/kontakt.php>>.
33. *Umělecké kovářství* [online]. b. r. [cit. 2011-05-18]. Kovářství . Dostupné z WWW: <<http://www.kovarstvi.com/lang1/nabidka%20a.html>>.
34. *Allbiz* [online]. © 2010-2011 [cit. 2011-05-18]. Padací buchar. Dostupné z WWW: <<http://www.pl.all.biz/cs/g36548/>>.
35. *MM Průmyslové spektrum* [online]. b. r. [cit. 2011-05-18]. Největší protiběžný buchar na světě. Dostupné z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/nejvetsi-protibezny-buchar-na-svete>>.
36. *MM Průmyslové spektrum* [online]. b. r. [cit. 2011-05-18]. Náhrada parního pohonu bucharů. Dostupné z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/nahrada-parniho-pohonu-bucharu>>.
37. KOVÁČ, Andrej a Milan JENKUT. *Tvárníacie stroje*. Vyd. 1. Bratislava: Alfa, vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, n.p., 1978. 816 s.
38. *Schuler* [online]. b. r. [cit. 2011-05-18]. Systémy pre zápusťkové kovanie. Dostupné z WWW: <http://www.schulergroup.com/minor/sk/020_systems_processes/070_forging/>.
39. *Průmyslový servis* [online]. © 2007 [cit. 2011-05-18]. Pneumatické buchary Anyang řady C 41. Dostupné z WWW: <http://www.prumyslovy-servis.cz/index_soubory/Page577.htm>.
40. *Exa pro* [online]. ©2004 - 2010 [cit. 2011-05-18]. Pneumatic Forging Hammer. Dostupné z WWW: <<http://www.exapro.com/pneumatic-forging-hammer-pe99230/>>.
41. *Pochman : profesionální stroje* [online]. © 2009 [cit. 2011-05-18]. Ohýbačka plechu zámečnická ruční. Dostupné z WWW: <<http://www.pochman.eu/shop/ohybacka-plechu-zamecnicka-rucni-1000-3.html>>.
42. KVASNIČKA, Rostislav. *MM Průmyslové spektrum* [online]. b. r. [cit. 2011-05-18]. Přesné a produktivní ohýbání plechu. Dostupné z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/presne-a-produktivni-ohybani-plechu>>.
43. *Mostr* [online]. b. r. [cit. 2011-05-18]. Elektromotorové ohýbačky. Dostupné z WWW: <<http://www.mostr.cz/Elektromotorove-ohybacky-plechu-XOMM.html>>.
44. *MM Průmyslové spektrum* [online]. b. r. [cit. 2011-05-18]. Zakružovačky a ohýbačky se značkou Unicorn. Dostupné z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/zakruzovacky-a-ohybacky-se-znackou-unicorn>>.
45. KONÍČEK, Petr. *MM Průmyslové spektrum* [online]. b. r. [cit. 2011-05-18]. Automatické technologie ohýbání plechů. Dostupné z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/automaticke-technologie-ohybani-plechu>>.

46. *Bickelwolf* [online]. © 2006 [cit. 2011-05-18]. Manuální zakružovačky plechu. Dostupné z WWW: <<http://www.bickelwolf.cz/kovotvareci-stroje/zakruzovacky-plechu/tta.html>>.
47. *Formetal* [online]. b. r. [cit. 2011-05-18]. Elektromechanické zakružovačky profilů. Dostupné z WWW: <http://www.formetal.cz/popis/zakruzovacka_profilu.html>.
48. *DK machinery* [online]. © 2008 [cit. 2011-05-18]. Dvouválcové zakružovačky. Dostupné z WWW: <<http://www.dkgroup.cz/web/dk-machinery/cz/tvareci-stroje/zakruzovacky/dvouvalcove-zakruzovacky/>>.
49. *Formetal* [online]. b. r. [cit. 2011-05-18]. 4-válcové zakružovačky plechu Durma. Dostupné z WWW: <http://www.formetal.cz/popis/zakruzovacka_plechu_durma_HRB4.html>.
50. *Formetal* [online]. b. r. [cit. 2011-05-18]. Přehled zakružovaček plechu. Dostupné z WWW: <http://www.formetal.cz/popis/zakruzovacka_plechu.html>.
51. *Formetal* [online]. b. r. [cit. 2011-05-18]. Zakružovačky plechu. Dostupné z WWW: <http://www.formetal.cz/popis/zakruzovacka_plechu_davi_mca.html>.
52. *Ksp* [online]. b. r. [cit. 2011-05-18]. Válcovací stolice. Dostupné z WWW: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/02-valcovani/01.jpg>.
53. *TS Plzeň* [online]. b. r. [cit. 2011-05-18]. Válcovací tratě a linky. Dostupné z WWW: <<http://www.tsplzen.cz/cz/valcovny-trat.asp>>.
54. *EVRAZ* [online]. © 2007 [cit. 2011-05-18]. Současnost. Dostupné z WWW: <<http://www.vitkovicesteel.com/soucasnost-spolecnosti/>>.
55. STRÁNSKÝ, Luboš. *Stroje a nástroje používané ve tváření*. Brno, 2010. 28 s. Bakalářská práce. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie.
56. *MM Průmyslové spektrum* [online]. b. r. [cit. 2011-05-18]. Současné trendy ve zpracování hořčíkových slitin tváření. Dostupné z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/soucasne-trendy-ve-zpracovani-horcikovych-slitin-tvarenim>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
F	Síla	[N]
F _o	Odporová síla	[N]
v	Rychlost	[m.s ⁻¹]

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Značení tvářecích strojů

Příloha 2 – Druhy stojanů tvářecích strojů podle tvaru

Příloha 3 – Druhy stojanů tvářecích strojů podle typu

Příloha 4 – Klikové lisy podle uložení hřídele

Příloha 5 – Rozdělení bucharů

Příloha 6 – Postup práce na 4-válcové zakružovače

Příloha 1 – Značení tvářecích strojů [7]

U hydraulických lisů:

- CB – hydraulické lisy na plasty,
- CD – montážní dílenské hydraulické lisy,
- CL – stroj na lití kovů pod tlakem,
- CP – paketovací a briketovací hydraulické lisy,
- CZ – zápusťkové hydraulické lisy,
- CN – hydraulické nůžky,
- CT – tažné lisy.

U mechanických lisů:

- LE – mechanické lisy výstředníkové,
- LEN - mechanické lisy výstředníkové naklápěcí,
- LK - mechanické lisy klikové,
- LL - mechanické lisy kolenové,
- LT - mechanické lisy tažné,
- LU - mechanické lisy universální.

U bucharů:

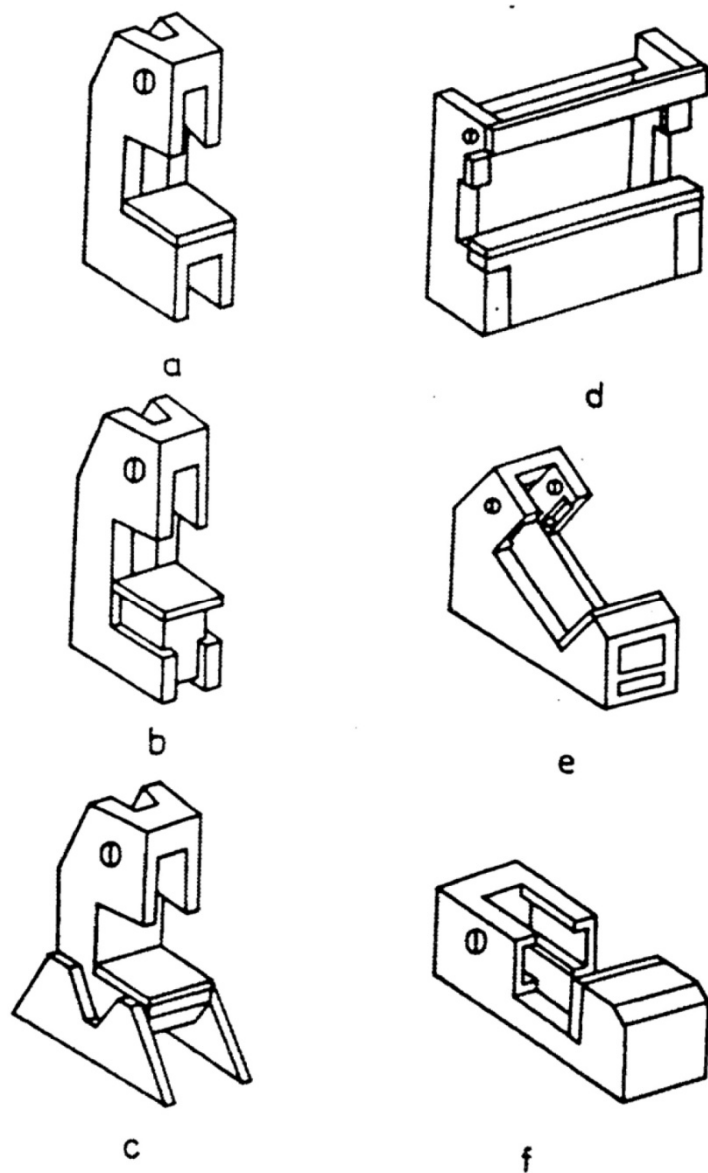
- KP – padací buchary,
- KD – parní buchary,
- KE – elektrické buchary,
- KJ a KK protiběžné (protiúderové buchary),
- KA – pružinové buchary,
- KB – kompresorové (pneumatické) buchary.

U mechanických nůžek:

- NT – tabulové nůžky
- NO – kotoučové nůžky

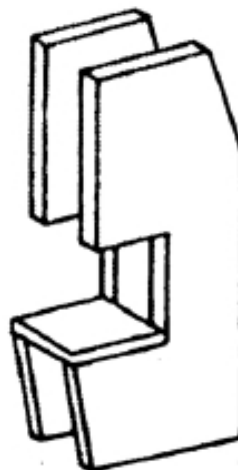
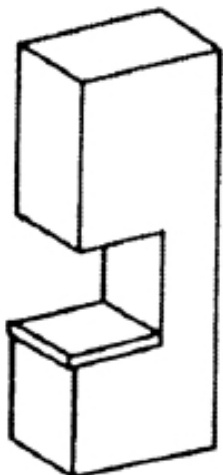
U ohýbacích strojů je první písmeno X

Příloha 2 – Druhy stojanů tvářecích strojů podle tvaru [7]

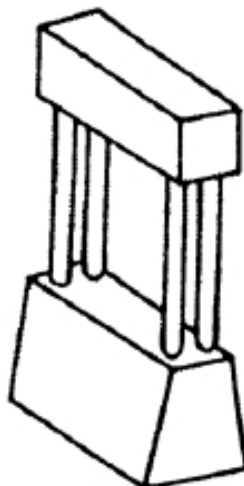
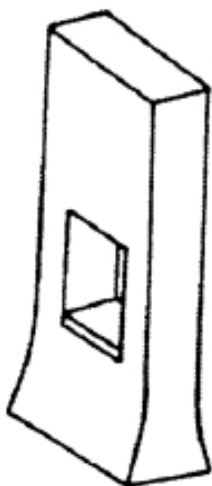


a - s pevným stolem, b – s přestavitelným stolem, c – naklápěcí, d – široký, e – šikmý stojan,
f – horizontální stojan

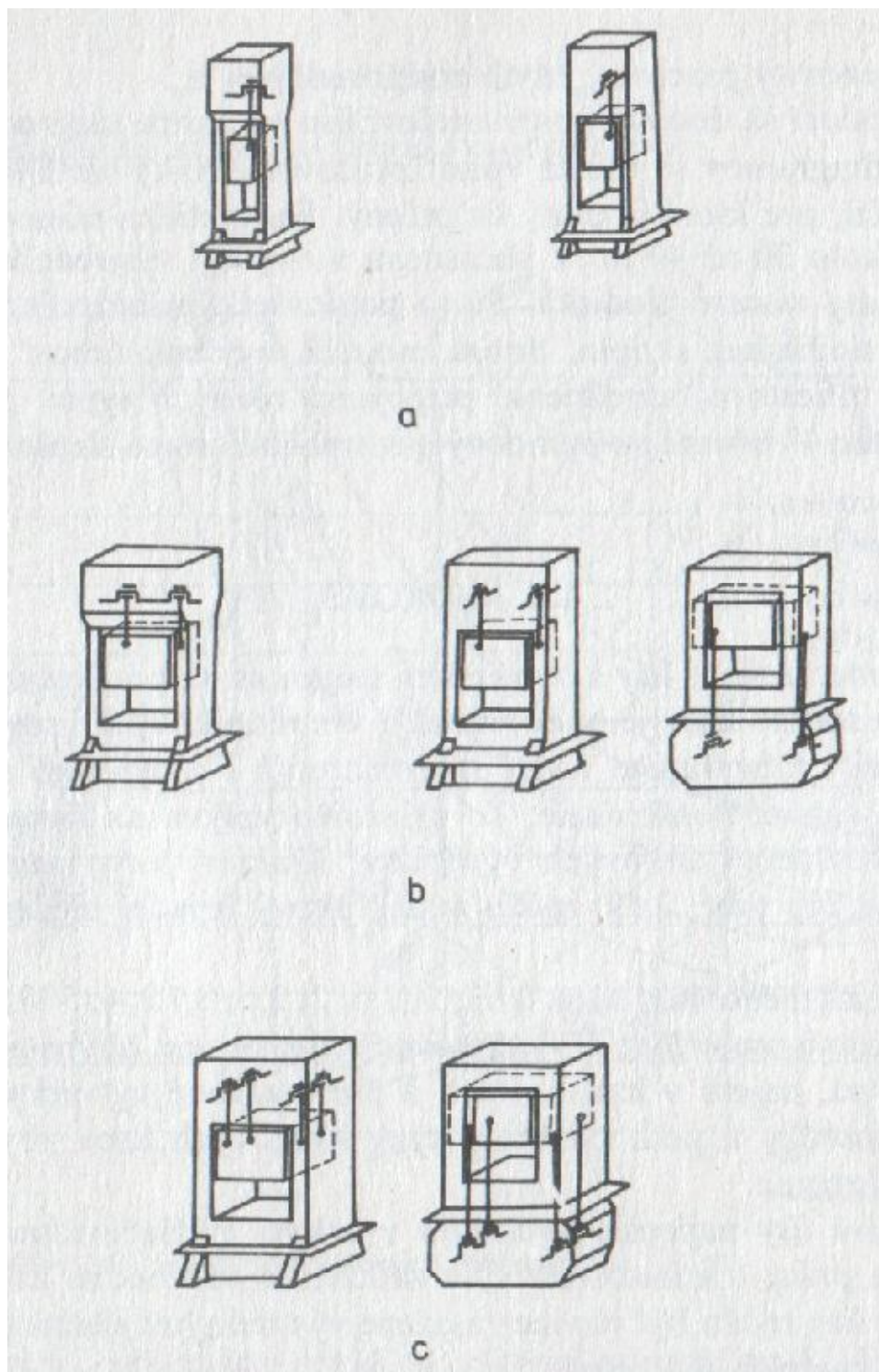
STOJANY OTEVŘENÉ - (typu C)



STOJANY UZAVŘENÉ - (typu O)

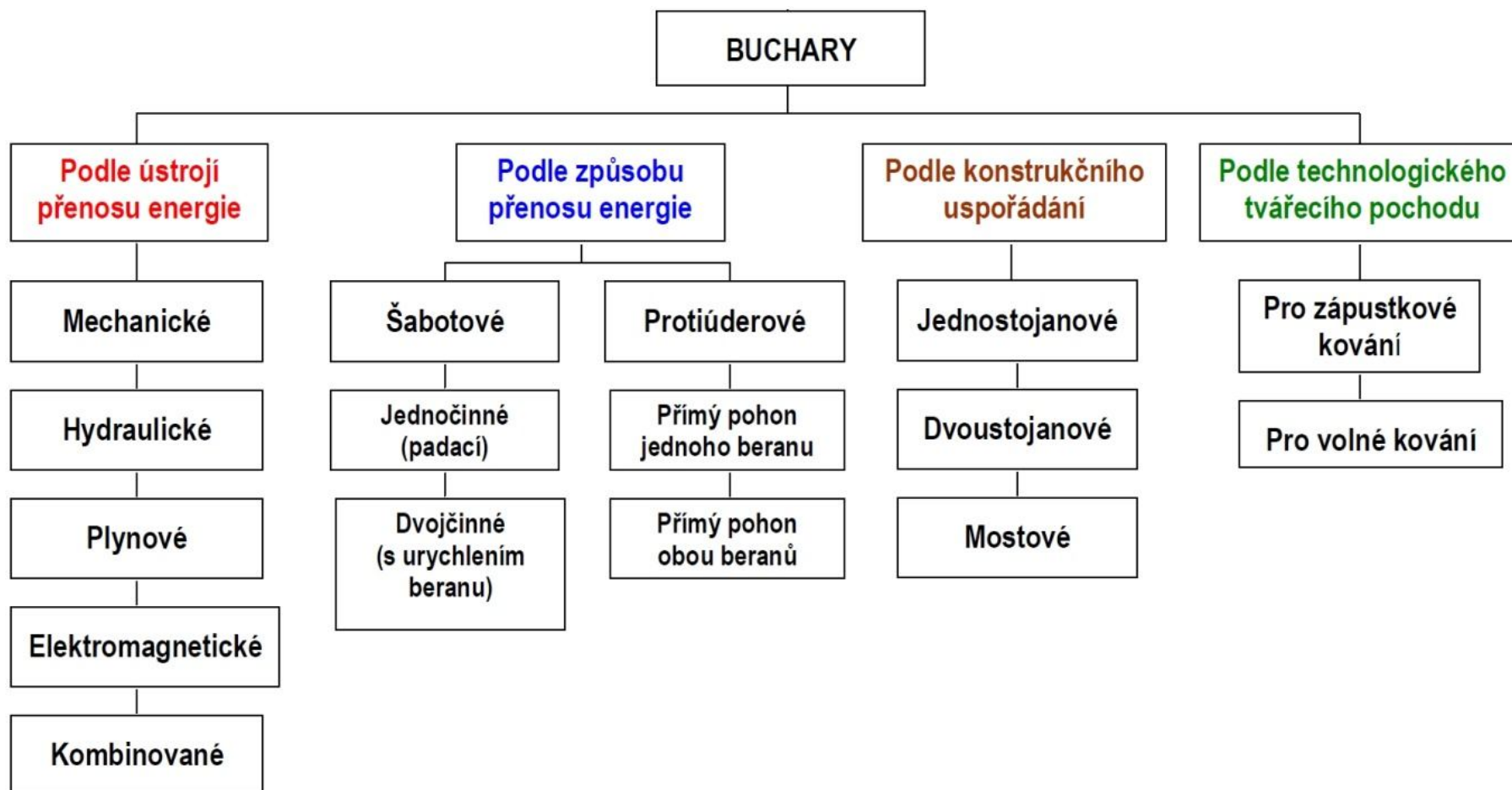


Příloha 4 – Klikové lisy podle uložení hřídele [3]

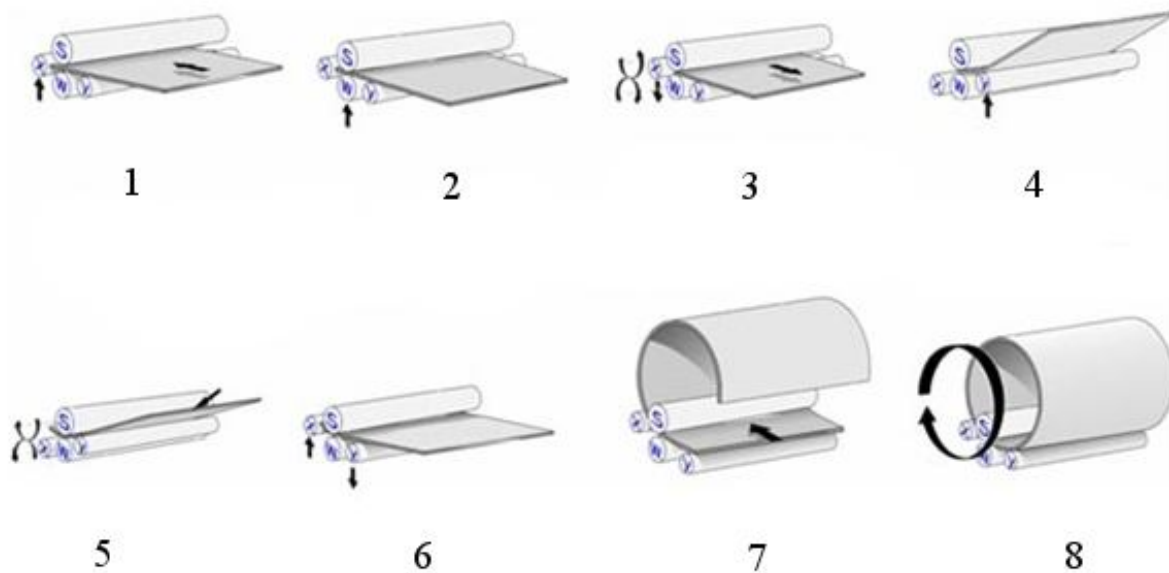


a – jednobodové, b – dvoubodové, c – čtyřbodové klikové lisy

Příloha 5 – Rozdělení bucharů [7]



Příloha 6 – Postup práce na 4-válcové zakružovačce [51]



1. Zaúhlování plechu,
2. Upnutí plechu,
3. Přestavení plechu na okraj sevření,
4. Provedení předhybu,
5. Posunutí plechu,
6. Nastavení válců na zakružování,
7. Zakroužení výrobku,
8. Srovnání výrobku.