



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

STROJE POUŽÍVANÉ PŘI VOLNÉM KOVÁNÍ

MACHINERY USED IN AN OPEN DIE FORGING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

LIBOR NOVÁK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. KAMIL PODANÝ, Ph.D.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Libor Novák

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 používané při volném kování

v anglickém jazyce:

Machinery used in an open die forging

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

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

Cíle bakalářské práce:

Aktuální literární studie se zaměřením na stroje a zařízení používané v technologiích volného kování.

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, Rektorát Vysokého učení technického v Brně, 1991. 187 s. Edit. Nakladatelství VUT v Brně. 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 výpočtu 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 2013/2014.

V Brně, dne 20.11.2012

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

NOVÁK Libor: Stroje používané při volném kování.

Při výrobě součástí volným kováním se používají buchary a hydraulické lisy. Práce obsahuje jejich rozdělení, stručný popis, výhody a nevýhody a u konkrétních typů bucharů a lisů i jejich využití v praxi. Bucharý jsou vhodné z hlediska jednoduché konstrukce, velkého výběru z několika typů a snadné údržby. Nevýhodou jsou velké otřesy a nebezpečí úrazu. Lze principiálně volit mezi pružinovými, pneumatickými, hydraulickými a parozvdušnými, ať už v provedení bez nebo s urychlením. Hydraulické lisy se dělí na hornotlaké (dvou a čtyřsloupové) a dolůtažné (dvou a čtyřsloupové). Výhody spočívají v jednoduchosti ovládnání a možnosti řízení stroje přes počítač. Nevýhodou je složitější konstrukce a s tím spojená náročnější údržba.

Klíčová slova: Buchar, hydraulický lis, volné kování

ABSTRACT

NOVÁK Libor: Machinery used in an open die forging.

For production of components, which are made by open die forging, are used forging hammers and hydraulic presses. The project contains a dividing of machines, short description, advantages and disadvantages and using of concrete types of forging hammers and hydraulic presses in practice. Advantages of forging hammers are simple construction, high range of choice from many types and simple maintenance. Disadvantages are big shakes and danger of accident. Forging hammers can be chosen from spring, pneumatic, hydraulic and steam air types with or without acceleration. Hydraulic presses are divided into push - down presses (two and four - column presses) and pull - down presses (two and four - column presses). Advantages consist in simple operating and controlling via computer. Disadvantages are complicated construction and difficult maintenance.

Keywords: Forging hammer, hydraulic press, open die forging

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

NOVÁK, Libor. *Stroje používané při volném kování*. Brno, 2014. 30s, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí bakalářské 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 dne 29.5.2014

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Kamilu Podanému, Ph.D., za cenné připomínky a rady týkající se zpracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat své přítelkyni za podporu a věcné rady a své rodině za možnost studia.

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

Str.

Úvod	9
1 Buchary	10
1.1 Základní konstrukční prvky.....	11
1.2 Princip činnosti.....	12
1.3 Pružinové buchary.....	13
1.4 Kompresorové buchary.....	15
1.5 Hydraulické buchary.....	16
1.6 Parovzdušné buchary.....	18
2 Hydraulické lisy	20
2.1 Základní konstrukční prvky.....	21
2.2 Princip činnosti.....	23
2.3 Hornotlaké čtyřsloupové hydraulické lisy.....	25
2.4 Hornotlaké dvousloupové hydraulické lisy.....	26
2.5 Dolůtažné dvousloupové hydraulické lisy.....	27
2.6 Dolůtažné čtyřsloupové hydraulické lisy.....	28
3 Závěry	30

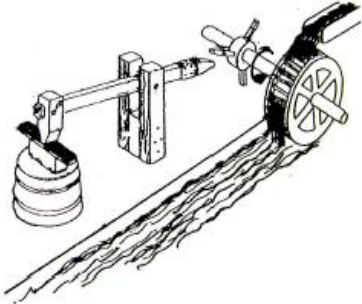
Seznam použitých zdrojů

Seznam symbolů a zkratk

Seznam obrázků

Úvod [4], [9], [11], [15], [16], [22]

Kování patří mezi jedny z nejstarších druhů zpracování kovových polotovarů a dodnes jde o jednu z nejdůležitějších výrobních technologií průmyslové výroby, kde díky tváření kovů za tepla dostávají výrobky požadovaný tvar i mechanické vlastnosti materiálu. Jeho základní podstatou je objemové tváření, kde se u polotovaru zmenšuje výška a zároveň se zvětšuje příčný průřez. Kování se rozděluje na volné a zápusťkové. Volné kování je rázové nebo tlakové silové působení na materiál. Ten volně teče kolmo na sílu působící od stroje, zatímco u zápusťkového kování se používá dvoudílná forma, do které se vloží materiál, a rázem, nebo stlačováním, se působí na formu s materiálem uvnitř. Volné kování se používá pro kusovou nebo malosériovou výrobu a kování velkých polotovarů. Volně kované výkovky se navrhují tak, aby byl jejich tvar co nejjednodušší. Nevýhodou je menší přesnost výkovků, dále



Obr. 1 Příklad bucharu na vodní pohon [20]

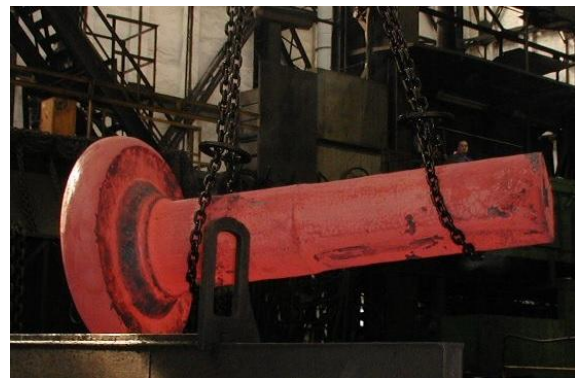
hrubý a nerovný povrch, proto je nutné další opracování výkovku, s čímž je spojena větší spotřeba materiálu. Výkovky jsou kované ve tvaru tyčí a hřídelí, kostek, kotoučů, kroužků, koulí, desek a dalších tvarů podle požadavků zákazníka.

První stroje pro volné kování se objevují v 16. století, kdy se začíná používat buchar na vodní pohon, který je znázorněn na obr. 1. Dnes se pro volné kování používají buď buchary, nebo hydraulické lisy. Buchary patří k rázovým tvářecím strojům, jejichž nástroje dynamicky působí na výkovek. Mají stejnou přesnost při tomtéž plnění na jeden zdvih. Provedou několik úderů po sobě, přičemž stoupá energie a deformační dráha se zmenšuje. Výhodou bucharů, oproti hydraulickým lisům, je větší rychlost smykadla a větší úderová práce. Tyto vlastnosti mají vliv na produkci výkovků. Nevýhodou jsou značné otřesy při dopadu smykadla na výkovek a větší riziko úrazu obsluhy.

Hydraulické lisy charakterizuje maximální síla. Velikost síly udává tlak kapaliny v pohonu, který zamezuje přetížení. Nevýhodou lisů je menší rychlost smykadla oproti bucharům, dále mají horší účinnost a jsou složitější na údržbu. Naopak výhodou lisů je možnost plynulého regulování rychlosti, velikost pracovního zdvihu a nastavení rychlosti beranu.



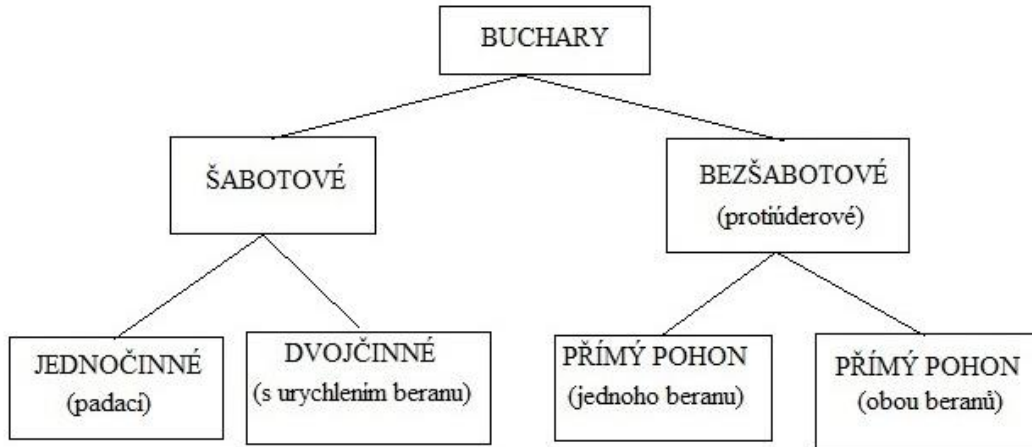
Obr. 2 Příklad hydraulického lisu [19]



Obr. 3 Příklad výkovku [5]

1 Buchary [3], [8], [9], [11], [15], [16], [20]

U bucharů se kinetická energie nahromaděná v padacích částech strojů přeměňuje na deformační práci. Základní rozdělení bucharů pro volné kování je zobrazeno na obr. 4. Dále lze buchary rozdělovat i podle použitého pohonu na kompresorové, pružinové, parovzdušné a hydraulické.



Obr. 4 Rozdělení bucharů [16]

Bucharý se podle způsobu práce dělí na dvě skupiny, jednočinné a dvojčinné. U jednočinných bucharů pohyb pohyblivých částí směrem dolů způsobuje hmotnost padajících částí. Energie rázu pohyblivých částí se využívá na přetvoření výkovku. Pohyblivé části se do horní polohy zdvihají pomocí pohonu stroje, který se odlišuje podle nositele energie a tím je buď pára, vzduch, plyn, kapalina nebo elektromotor. K jednočinným bucharům patří některé parovzdušné a mechanické buchary.

U dvojčinných bucharů (obr. 5) je pohyb dolů způsoben nejen hmotností pohyblivých částí, ale i silou, která je vyvozená od pohonu stroje a díky tomu je energie rázu pohyblivých částí dvojčinných bucharů větší než energie jednočinných bucharů o stejné hmotnosti a zdvihu pohyblivých částí. K dvojčinným bucharům patří i část parovzdušných, pneumatických a mechanických bucharů.

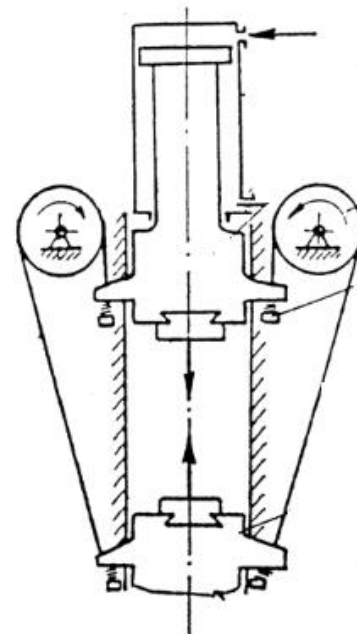
Další podskupiny bucharů se rozdělují podle typu šaboty, která může být nepohyblivá, odpružená nebo pohyblivá.

U bucharů s nepohyblivou šabotou se energie rázu částečně přenáší na základ a okolí. Vznikají tak nepříjemné třesy na pracovišti. Kinetická energie úderu je u těchto bucharů

$$E_k = \frac{m_1 \cdot v_1^2}{2} \quad (1.1)$$

kde m_1 je hmotnost pohyblivé části,

v_1 je rychlosti pohyblivé části v momentě úderu.



Obr. 5 Schéma dvojčinného bucharu [20]

Bucharý s odpruženou šabotou mají nad základem pružnou izolaci, která tlumí otřesy.

U protiběžných bucharů je šabota utvořena jako druhý beran a následně při práci se pohybují proti sobě. Když se hybnost šaboty a pohybujících částí rovná, ráz se nepřenáší na základní část. Kinetická energie úderu je u tohoto typu

$$E_k = \frac{m_1 \cdot v_1^2}{2} + \frac{m_2 \cdot v_2^2}{2} \quad (1.2)$$

kde m_1, m_2 jsou hmotnosti pohyblivých částí,
 v_1, v_2 jsou rychlosti pohyblivých částí v momentě úderu.

Podle konstrukce stojanu můžou být buchary jednostojanové nebo dvoustojanové. Konstrukce stojanů je přizpůsobena zdroji kinetické energie a technologii, pro které jsou buchary určeny. Rozměry jsou podmíněny velikostí kovaných výrobků, hmotností pohyblivých částí stroje a jejich kinetické energii.

1.1 Základní konstrukční prvky [3], [8], [9], [11], [15], [16], [20]

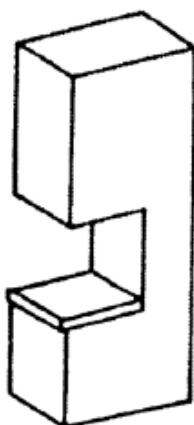
Buchary jsou složeny ze tří základních částí: stojanu s beranem, šaboty a základu. Stojan stroje tvoří základní část, která slouží k uchycení ostatních mechanismů a z hlediska způsobu kování se rozdělují na vertikální a horizontální. Vertikální jsou vyráběny jako jednostojanové, dvoustojanové a rámové.

Jednostojanový otevřený typ je ve tvaru písmene C (obr. 6 a) a používá se pro volné kování. Tento druh stojanu využívají například kompresorové buchary. Výhoda spočívá v tom, že je umožněn přístup k pracovnímu prostoru ze tří stran. Zvláštností tohoto typu stojanu je, že stojina je oddělena od šaboty a díky tomu v ní vzniká malé ohybové napětí.

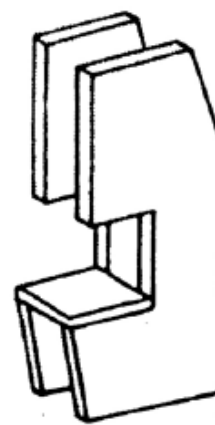
Otevřené jednostojanové stojany jsou vyráběny jako odlitky nebo svarky. Pro malé buchary se dělají jako jeden kus a pro velké bývají dělené a stažené k sobě spojovacími šrouby.

Dvoustojanové typy (obr. 6 b) se také užívají pro volné kování. Stroje se skládají ze základní ocelové desky, dvou stojin a z horního příčnicku. Rovněž se vyrábějí buď jako odlitky, nebo svarky.

Uzavřené stojany (obr. 7) se vyznačují tím, že mají dvě ramena, která sahají přes šabotu, čímž má celá konstrukce větší tuhost. Šabota musí mít oproti beranu daleko větší hmotnost v poměru 1:8 u malých bucharů

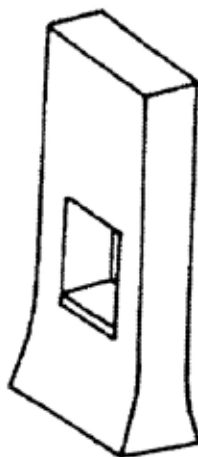


a) jednostojanový

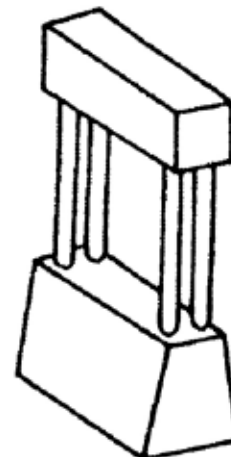


b) dvojestojanový

Obr. 6 Otevřené stojany [20]



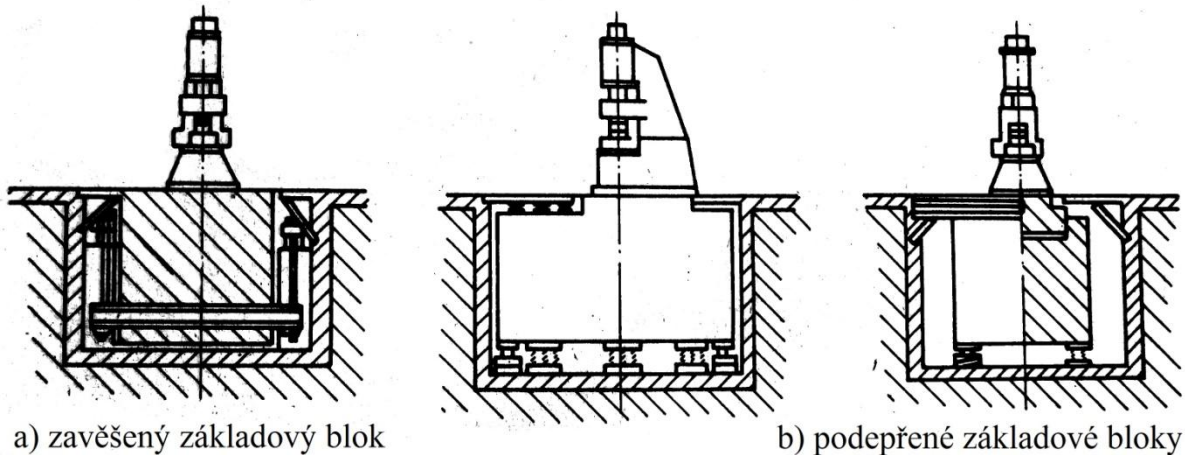
a) jednostojanový



b) dvojestojanový

Obr. 7 Rámové stojany [20]

a v poměru 1:50 u velkých z důvodu pevnosti celé konstrukce. Různý je také tvar části šaboty nad základovou deskou, kde je u velkých bucharů čtvercový průřez. U malých strojů bývá osmihranný průřez a navíc musí být dosedací plocha šaboty dostatečně velká, aby se nepřekročil dovolený měrný tlak na základ.



Obr. 8 Uspořádání odpruženého základu bucharu [11]

Základy bucharů slouží k pohlcení energie, která vzniká navíc a nevyužije se při deformaci výkovku. To vyvolává obrovské chvění celého stroje, jež se přenáší dále do budovy, a je nebezpečné jak pro samotnou stavbu, tak i pro zdraví lidí. Proto se výrobci snaží o tlumení těchto kmitů šířících se od základů. Nejjednodušší způsob tlumení kmitů spočívá v tom, že ocelobetonový blok základu se uloží na pružné elementy, například pružiny, guma, korek, dřevo a mnoho dalších materiálů (obr. 8 b). Důležitou roli hraje i druh zeminy, do které se základ ukládá, protože tvrdá kamenitá zemina šíří kmity na velkou vzdálenost a má malé pohlcující schopnosti. Naopak když je zemina sypká, tak se v ní kmity rychle ztrácí. Další faktory podporující šíření kmitů jsou vlhký základ a vysoká hladina vody v základě.

Při tlumení kmitů mají ocelové pružiny oproti pevným základům mnoho výhod a větší uplatnění. Hlavní výhoda spočívá v malé míře přenosu chvění a otřesů do okolí, což má příznivý vliv na konstrukci a základy blízkých strojů a budov. Díky tomu se také zvýší životnost a sníží poruchovost vlastního stroje, zlepší se pracovní podmínky dělníků a bezpečnost práce. Odpružené základy se navrhují dvojím způsobem. U prvního způsobu je základový blok zavěšen na speciální konstrukci (obr. 8 a), která je propojena prostřednictvím táhel s izolátory na podporách nebo průvlacích. Závěsná táhla jsou zhotovena z legované zušlechťené oceli a každé táhlo prochází středem izolátoru a středem nosného průvlatu. Na spodním konci je táhlo opatřeno kotvou a na horním konci závitem s maticí. Druhý způsob odpružení základového bloku spočívá přímo v pružinových izolátorech. Podmínkou správné funkce odpružené soustavy je zamezení pevnému spojení s okolním zařízením, a proto se musí připojit přívody páry, vzduchu či hydrauliky ke stroji pružným mezičlánkem.

1.2 Princip činnosti [8], [9], [3], [11], [15], [16], [20]

Buchary patří mezi tvářecí stroje s probíhající deformací materiálu na úkor kinetické energie nahromaděné v pohybujících se částech stroje. Pracovní části bucharů, jež jsou spojené s kovadlinou, pohání stlačený vzduch, pára, plyn, kapalina nebo pružina. Práce tlaku páry, vzduchu, plynu nebo kapaliny se přemění na kinetickou energii rozběhem pohyblivých částí na určitou rychlost. Deformace výkovku začíná při nejvyšší rychlosti a na konci přetvoření je rychlost nulová. Největší rychlost pohybujících se částí běžných bucharů je

10 m/s, u vysokorychlostních bucharů je rychlost těchto částí 20 m/s. Čas na deformaci při jednom úderu je několik tisícín sekundy.

Ráz se skládá ze dvou fází. První fáze je zatěžující, při které se kovádkla přibližují k sobě a pružně i plasticky deformují výkovek. Na konci této fáze je deformace výkovku největší a rychlost pohybujících se částí je nejmenší. Kinetická energie absorbovaná v pohybujících se částech se mění na energii plastické a pružné deformace výkovku, stejně tak i pohybujících se částí, a částečně zůstane ve formě kinetické energie soustavy. Energie plastické deformace pohyblivých částí dosahují malých hodnot, a proto se může zanedbat. Na konci první fáze úderu se dosáhne následujícího energetického stavu

$$E_k = E_d + E_p + E_s \quad (1.3)$$

kde E_k je kinetická energie

E_d je energie plastické deformace

E_p je energie pružné deformace

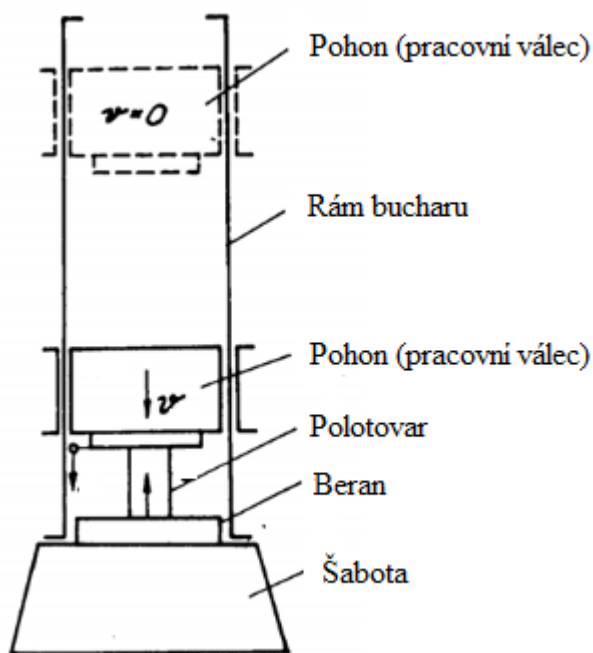
E_s je kinetická energie soustavy.

Energie plastické deformace se mění na užitečnou práci A . Energie pružné deformace na konci první fáze úderu u výkovku i pohyblivých částí vytváří druhou odlehčující fázi úderu.

V průběhu této fáze se energie pružné deformace a kinetická energie soustavy mění na energii odrazu. Velikost energie odrazu závisí na podmínkách rázu i na pružných vlastnostech výkovku a stanovuje se koeficientem obnovy rychlosti k , kde $k = 0$ odpovídá absolutně plastickému kovu a $k = 1$ absolutně pružnému kovu.

V dnešní době se buchary na území České republiky přestávají vyrábět a jsou v nabídce buď jako stroje po generální opravě, nebo v bazarech. Tyto stroje byly nahrazeny hydraulickými lisami pro volné kování, protože buchary jsou náročnější na provoz, při chodu vznikají silné otřesy, a je u nich větší riziko zranění obsluhy.

Označení bucharů je složeno z písmen a čísel. První písmeno K označujeme buchary všeobecně, další písmena určují technologické určení bucharu, a číslice označují hmotnost beranu v kg. Například

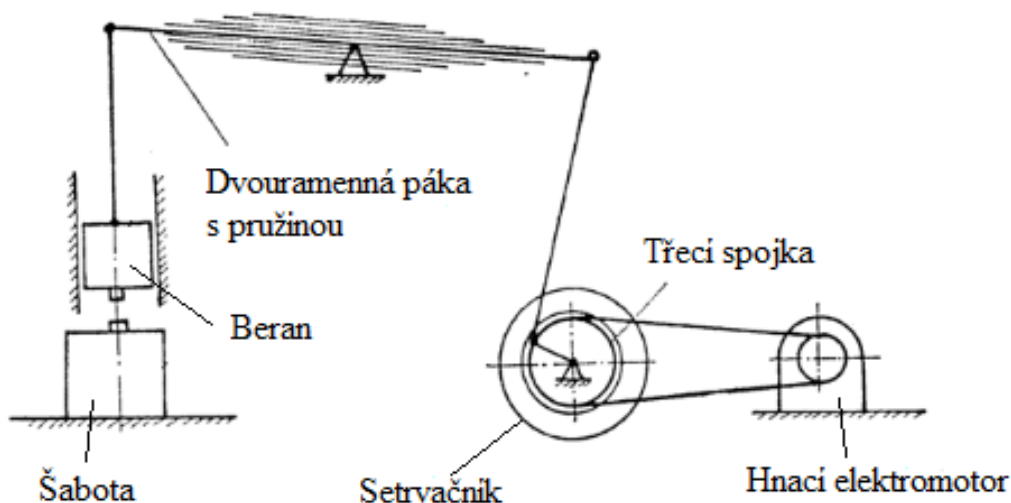


Obr. 9 Uspořádání bucharu [20]

označení $KB\ 630$ říká, že se jedná o buchar kompresorového provedení a hmotnost beranu je 630kg.

1.4 Pružinové buchary [2], [3], [6], [8], [9], [11], [20]

Pružinový buchar patří do skupiny mechanických bucharů, které se svojí konstrukcí jsou určené pro zápustkové kování. Pružinový buchar ale tvoří výjimku, a v praxi se osvědčil pro volné kování. U pružinových bucharů je beran poháněn klikovým mechanismem. Síla se přenáší od elektromotoru pomocí plochého řemene nebo třecí kotoučové spojky (obr. 10). Zdvih na beranu se nastavuje excentrem umístěným na setrvačnicku. Mezi beran a klikový mechanismus



Obr. 10 Schéma pohonu pružinového bucharu [20]

jsou vloženy listové pružiny. Energie úderu beranu se reguluje změnou otáček hnacího výstředníkového hřídele, což se provádí buď změnou přitlační síly na třecí spojce, nebo přesmyknutím řemenu na řemenicích. Plynulá regulace způsobená změnou převodu je spojená s vysokou účinností, což je pro pružinové buchary nejvýhodnější.

Výhodou pružinových bucharů je to, že se vyrábí s hmotností beranu v rozmezí od 15 do 110 kg. Stojan stroje bývá ve tvaru písmene C, takže je pro obsluhu snadno dostupný ze tří stran, a lépe se pracuje s výkovkem. Další výhodou je velký počet úderů za minutu, což umožňuje i na malých bucharch vykovat výkovek na jeden ohřev.



Obr. 11 KAP 40 [2]

Nevýhoda pružinových bucharů spočívá v energii úderů, jež jsou závislé na počtu zdvihů beranu. Další nevýhoda těchto strojů spočívá v úderech, které probíhají rychle za sebou a lehké údery jdou naopak pomalu za sebou. Ačkoli se jedná o nevýhodu, pružinový buchar se díky tomu začal často používat pro volné kování místo záпустkového, a získal si oblibu hlavně v malých kovárnách nebo opravárenských dílnách.

Jedním ze strojů této konstrukce je KAP 40, který je zobrazen na obr. 11. Jedná se o pružinový buchar menší velikosti, jenž je určen pro volné kování běžných výkovků v kovárnách a údržbářských provozech. Chod stroje je zajištěn kombinací třecího pohonu a mechanického ovládání. Stojan a šabota bucharu jsou vyrobeny z odlitku šedé litiny a jsou spojeny šrouby. V přední části stojanu se nachází nastavitelné vedení beranu, u něž se

zdvih nastavuje buď změnou délky táhla, nebo výstředníkem od nuly až do nejvyšší hodnoty. Šabota má vložku s rybinovou drážkou pro upnutí kovádla. Kovádla šaboty a beranu se upevňují kovovými klíny a jsou plně vyměnitelná. Pohyb beranu je odvozen od výstředníku přes táhlo a pružinový svazek. Výstředník je na hřídeli setrvačnicku, který je poháněn elektromotorem s třecím kotoučem se speciálním obložením. Pružinový svazek je složen z plochých pružin upevněných v držáku, jehož čepy jsou uloženy v kluzných ložiskách na stojanu. Špalíková brzda přímo působí na věnec setrvačnicku. Spouštění a ovládání lisu je mechanické, a provádí se nožním třmenem přes pákové ústrojí, které ovládá výkyvnou desku s elektromotorem a třecím kotoučem. Ten se přitlačuje do záběru a současně je odbrzdován setrvačnicku. Rázová práce se reguluje větším nebo menším sešlápnutím nožního třmene. Mazání stroje je zajištěno olejovými nebo tukovými mazadly pomocí ručního mazacího náradí. Stroje jsou dodávány s ochranným zábradlím a s tvarovými kovádly.

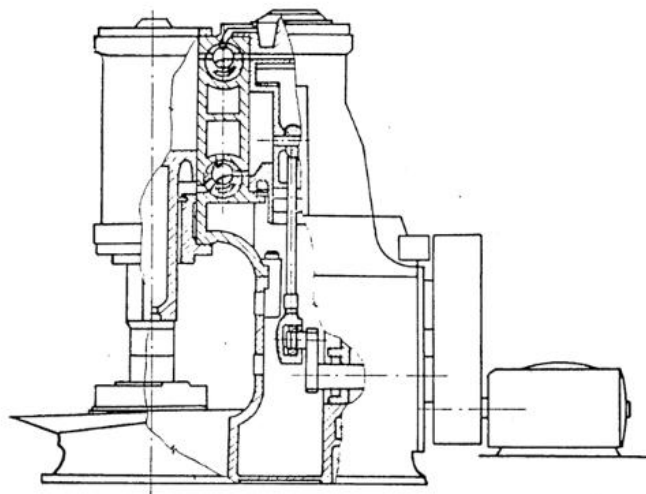
Nejvýznamnějším výrobcem bucharů pro volné kování je v České republice firma Šmeral Brno, a.s. Svoji nabídku však omezila pouze na dva typy bucharů, ale nabízí i stroje po celkové generální opravě, kterou lze přizpůsobit požadavkům zákazníka. Dříve se výrobou pružinových strojů zabývala také firma Snaha, n. p., Bardějov, která kromě modelu KAP 40 vyráběla i další typy řady KAP, a to silnější buchary KAP 70 a KAP 110. Dnes se tyto stroje prodávají převážně v bazarech, buď jakou použité, nebo po rekonstrukci.

1.5 Kompresorové buchary [2], [3], [6], [8], [9], [11], [13], [20]

Kompresorové buchary označované také jako pneumatické buchary (obr. 12), se vyznačují vlastním kompresorem, a díky tomu jsou nezávislé na centrálním rozvodu vzduchu. Beran bucharu je spojený s pístem pneumatického válce, a ten je rozdělen na dvě stejné části, které jsou sloučeny pomocí šoupátkového rozvodu. Obě poloviny jsou pak spojeny s odpovídajícími prostory válce kompresoru, který je součástí bucharu. Otáčení klikového hřídele způsobí, že se začne pohybovat píst kompresoru a píst beranu začne tento pohyb s určitým fázovým zpožděním kopírovat.

Kompresorové buchary se vyskytují ve dvou provedeních, jednočinné nebo dvoučinné. U jednočinných bucharů je kompresor připojený jen k jedné straně pracovního válce. Dolů se beran pohybuje vlastní hmotností a působením tlaku vzduchu od kompresoru. Pohyb nahoru se vyvozuje jen atmosférickým tlakem a podtlakem, které jsou nad pracovním pístem. Více se však používají dvojčinné verze, u kterých kompresor tvoří s pracovním válcem bucharu konstrukčně jeden celek. Pohon zde zajišťuje elektromotor, který přenáší sílu na válec kompresoru přes klikový mechanismus.

Kompresorové buchary se používají převážně pro volné kování, ale jsou využívány i pro pēchování za tepla. Výhoda tohoto typu bucharů je ve spotřebě energie, která je nižší asi o 20% než u srovnatelně výkonných dvojčinných vzdušných bucharů. Provozní náklady kompresorových bucharů jsou v porovnání



Obr. 12 Schéma pneumatického bucharu [20]

s dvojčinnými vzdušnými buchary až o polovinu nižší. Další výhody spočívají v citlivé regulaci energie úderu, v pohotovosti a v dobré účinnosti.

Příkladem je KB 630, který je zobrazen na obr. 13. Jde o kompresorový buchar vhodný pro volné kování menších výkovků používaný v kovárnách a údržbářských provozech. Buchar se



Obr. 13 KB 630 [13]

skládá ze stojanu s pohonem a ze šaboty. Pohon bucharu zajišťuje vlastní kompresor, a výkon je přenášen ozubeným převodem. Stojan typu C je buď nedělený (KB 63, KB 160), nebo dvoudílný (KB 630, KB 1000), a je odlit z šedé litiny. V horní části stojanu je vytvořen pracovní a kompresorový válec. V pracovním válci se pohybuje beran jako plunžr, který je poháněn stlačeným vzduchem. Beran a šabota mají rybinové drážky pro upevnění vyměnitelných kovadel, jež se upevňují klíny. Šabota tvoří samostatný díl, váží přibližně patnáctinásobek hmoty beranu, a prochází otvorem ve spodní části stojanu. Po instalaci na pracovišti je umístěn na dřevěném špalku nebo jiné tlumící podložce v betonovém základu bucharu. O pohon bucharu se stará elektromotor, který výkon přenáší přes kotoučovou spojku a ozubený převod na klikový

mechanismus ovládající píst kompresoru. Elektromotor je umístěn na konzole za stojanem. Rozvod stlačeného vzduchu obstarávají dvě válcová šoupátka, pružinové ventily a klapky. Spouštění a ovládání bucharu je mechanické, nohou se ovládá třmen se soustavou pák. Větším nebo menším sešlápnutím třmene se reguluje rázová práce. Mazání je buď olejové, a to se provádí pomocí zubového čerpadla, nebo tukové Staufferovými maznicemi.

Významnou firmou na výrobu bucharů jsou Východoslovenské strojírný, a.s., Košice, které se zabývají výrobou strojů pro volné kování. Dnes už se však stroje převážně prodávají v bazarech, protože výrobci přešli na výrobu hydraulických lisů. Dále se používají slabší a menší modely KB 160 nebo větší a silnější stroje pro kování středně velkých výkovků, KB 630 a KB 1000.

1.6 Hydraulické buchary [2], [3], [6], [8], [9], [10], [11], [20]

U hydraulických bucharů je hlavním nositelem energie kapalina a nejčastěji se jako hnačí médium používá emulze a minerální olej. Samotný stroj se vyrábí ve dvou základních provedeních buď jako jednočinný, nebo jako dvojčinný.

Jednočinné hydraulické buchary (obr. 14) se u volného kování používají na sériovou výrobu. Jsou vyráběny s různým zdvihem od 0,6 m až po 1,35 m. Hmotnost beranu se pohybuje od 500 kg až do masivních 3 700kg, což se hodí pro výkovky velkých rozměrů. Tomu také odpovídá energie úderu, která je v rozmezí 8 až 50 kJ. Do výchozí horní polohy je beran zvedán pomocí hydraulického pohonu a následně je pohyb dolů iniciován pouze vlastní hmotností beranu. Pohon bucharu zajišťuje čerpadlo s elektromotorem. Nádrž na pracovní kapalinu a rozdělovač jsou umístěny na příčniku v horní části bucharu. Příčnik je odlitek



Obr. 14 Schéma hydraulického bucharu [18]

z ocelolitinu a od stojanu je odpružený pomocí tlumičů rázu. Pohyblivé části bucharu se skládají z beranu, pístu a pístnice spojující beran s pístem. V horní části pracovního válce se také nachází vzduchový tlumič rázu, který eliminuje otřesy působící na vrchní část stroje. Mechanismus pohybu bucharu funguje tak, že se pracovní kapalina přivádí od čerpadla až pod píst, čímž se zvedá pohyblivá část do horní pracovní polohy, přičemž se pracovní tlak kapaliny pohybuje od 16 do 32 MPa. Celý tento proces se řídí hydromechanicky pedálem s dvojitou pákou, která je spojena s rozdělovačem. Plný úder beranu nastane při úplném stlačení pedálu, což odpovídá kompletnímu otevření vypouštěcího ventilu pracovní kapaliny. Naopak jen při částečném stlačení vypouštěcí škrtí ventil kapalinu vytékající z prostoru pod pístem, a tím reguluje velikost úderu bucharu. Další možnost změny energie rázu je regulací velikosti zdvihu beranu. Při chodu nahoru se buchar

automaticky přepne po dosažení spodní pracovní polohy, k tomu se využívají setrvačné síly kapaliny. Mezi buchary mají hydraulické největší účinnost, až 75%. Počet úderů je stanoven podle hmotnosti pohyblivých částí v rozmezí 40 až 60 úderů za minutu. Kvůli jednoduchosti konstrukce a ekonomickým důvodům hydraulické buchary nahrazují mechanické, nebo se u mechanických padacích bucharů nahrazuje mechanický pohon hydraulickým.

Dvojitěnné stroje mají pracovní i zpětný chod beranu vyvozen hydraulicky. Konstrukce stojanu i pohyblivých částí je podobná jako u jednočinných bucharů. Pohon dvojitěnných strojů je kombinací čerpadla a akumulátoru, kde se jako pracovní kapalina používá minerální olej. Stejně jako u předchozího stroje jsou všechny části pohonu umístěny na horním příčniku. Pracovní zdvih je vyvozen pracovní kapalinou, která je dodávána z čerpadla a akumulátoru do pracovního válce. Elektromotor pohání čerpadlo, od kterého se dodává pracovní kapalina k rozdělovači přes pojistný ventil, který je umístěn v pracovním obvodu. Zpětná větev obvodu je spojena s akumulátorem. Těsně před úderem beranu se skrze rozdělovač automaticky uzavře přívod kapaliny s vysokým tlakem, následně rozdělovač spojí prostor hydraulického válce nad pístem s nádrží a tím v horní části pracovního válce klesne tlak pracovní kapaliny. Okamžitě po skončení pracovního zdvihu následuje zpětný zdvih a operace se opakuje. Pracovní cyklus se opakuje tak dlouho, dokud je stlačen ovládací pedál. Rychlost beranu se řídí stlačením pedálu do určité polohy, čímž se omezuje množství protékané kapaliny přes rozdělovač. V současné době se vyrábějí hydraulické dvojitěnné buchary s energií úderu zhruba 15 až 60 kJ a s počtem zdvihů až 80 za minutu. Maximální zdvih beranu bývá 0,85 m a jeho rychlost je omezena rychlostí kapaliny v hydraulickém obvodu a pohybuje se v mezích od 1 do 7 m/s.

Jedním z modelů je typ KPH 1250, který je zobrazen na obr. 15. Jedná se o hydraulický padací buchar, který je určen pro volné kování a používá se v kovárnách s malosériovou

a sériovou výrobou. Buchar je svislý, nízkozdvíhový a rychloběžný s vlastním hydraulickým pohonem. Beran bucharu je zvedán hydraulicky a jeho počáteční rychlost a tím i rázovou energii zvětšuje expanze dusíku stlačovaného v prostoru nad pístem ve válci pro zvedání beranu. Stojan se šabotou a beran jsou odlitky z lité oceli. V rybinové drážce šaboty je pomocí klínů upevněna kováldina. V horní části beranu je pružně upevněná pístnice, která umožňuje mimostředné postupové kování. Pohon bucharu zajišťuje samostatný hydraulický hnací agregát, který je pružně uložen na příčnicku stojanu bucharu. Agregát se skládá z vysokotlakého čerpadla s elektromotorem a z nádrže na olej rozvaděče. Stroj je ovládán mechanicky nožní šlapkou a velikost energie úderu beranu lze nastavit výškou zdvihu beranu, popřípadě tlakem dusíku. Vypínací mechanismus pro ukončení zdvihu se vypíná v okamžiku, kdy dojde beran na předem nastavenou narážku. Mazání tukem je řešeno z jámeček beranu.



Obr. 15 KPH 1250 [10]

V dnešní době je v ČR výrobcem bucharů firma Šmeral Brno, a.s., která nabízí už pouze jeden typ. Další modely nahradila výrobou hydraulických lisů. Nabízí však i použité stroje po celkové modernizaci. Dále se spíše dají hydraulické buchary sehnat v různých bazarech. Dříve se výrobou bucharů zabývala také firma Žďas, a.s, která vyráběla hydraulické padací buchary, avšak

i ta dneska přešla na výrobu lisů. Další hydraulické padací buchary, které se používají, jsou například slabší modely KPH 800 nebo naopak silnější KPH 2000.

1.7 Parovzdušné buchary [2], [3], [6], [8], [9], [11], [12], [20]

Nositel energie v těchto strojích, jak už napovídá název, je pára nebo horký vzduch. Parovzdušné buchary (obr. 16) se vyrábějí v několika konstrukčních provedeních, buď jako jednočinné nebo dvojčinné. Dále podle konstrukce stojanu se stroje rozdělují na jedno stojanové a dvo stojanové. Jejich využití je uplatněno jak u volného kování, tak i u zápusťového.

Jedno stojanové dvojčinné buchary se speciálně používají pro všechny druhy práce volného kování. Stroj je poháněn vzduchem nebo párou s pracovním tlakem v rozmezí 0,7 až 0,9 MPa.

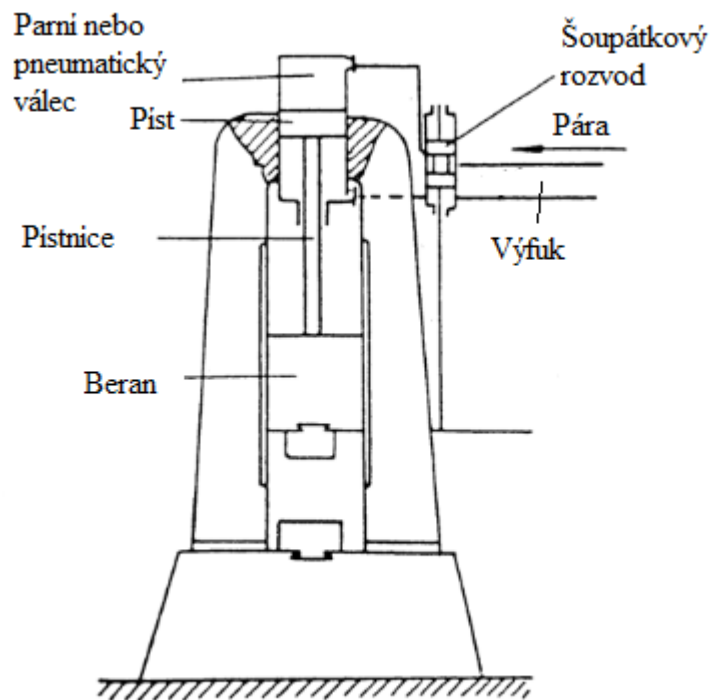
Dvo stojanové dvojčinné buchary se používají pro oba druhy kování, tedy i pro volné. Jejich úderová práce se pohybuje v rozmezí 100 až 250 kJ a u volného kování jsou určeny spíše na kování těžkých výkovků. Jednočinné parovzdušné buchary se označují také jako vzduchové



Obr. 16 Parovzdušný buchar [12]

padací buchary. U těchto strojů se stlačený vzduch používá na zvedání beranu do horní výchozí polohy, kde tenká pístní tyč slouží jako zdvihové táhlo. Konstrukce bucharu jsou stavěné na úderovou práci do 50 kJ při hmotnosti beranu až 4000 kg. Velkou výhodou těchto bucharů je, že se dají používat všude tam, kde je přístup ke stlačenému vzduchu. Další výhodou je větší počet úderů než u mechanických bucharů. Díky zmenšenému zdvihu, který je v rozmezí 400 až 570 mm, produkují buchary velký počet výkovků. Další výhodou tohoto konstrukčního řešení je přesné vedení beranu, které tím dosahuje přesného tvaru a rozměru výkovků. Rychlost úderů dosahuje až 100 úderů za minutu i přes poměrně velkou hmotnost beranu.

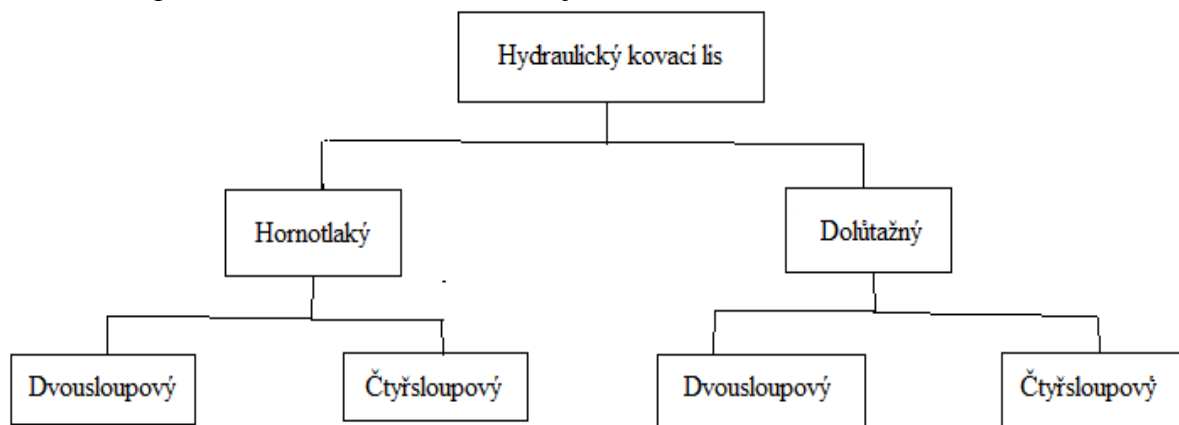
Dnes se už tenhle typ stroje nevyrobí a lze ho sehnat pouze v bazarech a inzerátech, většinou na zahraničních webových stránkách, kde se prodává jak po celkové opravě, tak i použitý ve stavu potřebující nutnou rekonstrukci.



Obr. 17 Schéma parovzdušeného bucharu [20]

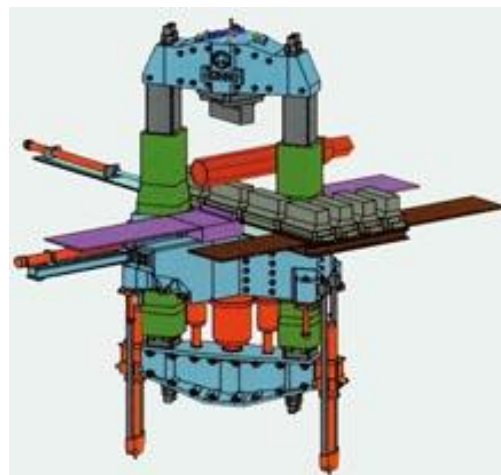
2 Hydraulické lisy [7], [8], [9], [11], [15], [16], [20]

Hydraulické lisy fungují na základě Pascalova zákona, který říká, že tlak v kapalině se šíří všemi směry stejně. Kovací lisy pro volné kování se rozdělují do několika skupin podle konstrukce a pohonu lisu, základní rozdělení je na obr. 18.



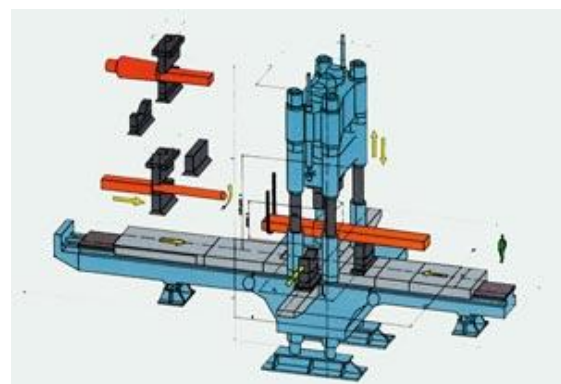
Obr. 18 Rozdělení hydraulických lisů [22]

Pro volné kování se používají hydraulické lisy se sloupovými stojany (obr. 19), které se skládají z horního a dolního příčnicku, jenž je spojen sloupy. Takový stojan je lehký a umožňuje dobrý přístup k pracovnímu místu lisu, což je důležité u volného kování.



Obr. 19 Hornotlaký lis [22]

Dalším kritériem, podle kterého se rozdělují hydraulické lisy, je způsob jejich ovládání. První dvě skupiny, které zahrnují ovládání ruční a nožní, se už v dnešní době nepoužívají. Třetí skupina, která se nazývá strojní, zahrnuje ovládání dálkové, poloautomatické a automatické. Tyto stroje se dnes využívají nejvíce a zahrnují se do celkové automatizace výroby (obr. 20).



Obr. 20 Dolůtažný lis [22]

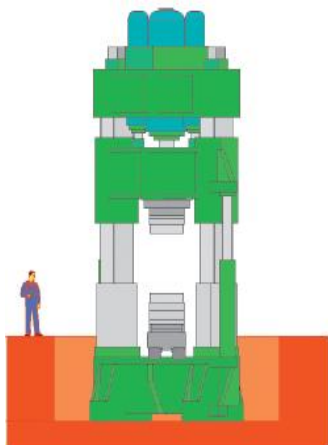
Další způsob rozdělení je podle zdroje tlakové energie, kde se rozdělují na hydraulické lisy s vlastním a centrálním pohonem. U hydraulických lisů s vlastním pohonem, jenž je umístěn přímo v lisu, jsou výrobní náklady vyšší, avšak tyto stroje mají samostatnou pracovní jednotku a dají se instalovat podle potřeby bez ohledu na rozvod tlakové kapaliny na pracovišti. Při poruše pohonu těchto strojů je vyřazen z provozu pouze jeden lis.

Lisy s centrálním pohonem nejsou samostatnou pracovní jednotkou a nemůžou se umístit podle potřeby bez ohledu na rozvod tlakové kapaliny. Při poruše pohonné stanice zůstává stát celý provoz napojený na centrální zdroj tlakové kapaliny. Další nevýhodou je dlouhé potrubí tlakové kapaliny, čímž se zvyšují tlakové ztráty v potrubí a zvětšuje se nebezpečí rázu při náhlém zastavení odběru vysokotlaké kapaliny. Při nerovnoměrném zatížení centrálního zdroje je provoz málo hospodárný.

Poslední rozdělení, podle kterého se můžou dělit hydraulické lisy pro volné kování, je dělení podle zdroje tlakové energie. Lisy s čerpadlovým pohonem, které se používají pro menší jmenovité síly. U těchto strojů se používá k pohonu vysokotlaké rotační objemové čerpadlo. Naopak lisy s akumulátorovým pohonem se používají pro větší jmenovité síly.

2.1 Základní konstrukční prvky [7], [8], [9], [11], [15], [16], [20]

Hydraulický lis je složen z mnoha hydraulických součástí, z nichž mezi základní patří stojany, smykadla, generátory, hydromotory, akumulátory, ventily, rozvaděče, multiplikátory, čističe, chladiče, nádrže a další.



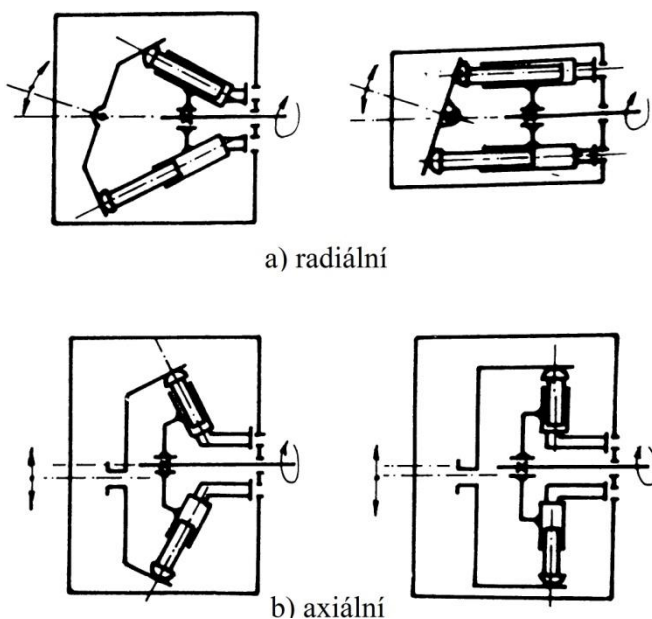
Obr. 21 Sloupový lis [22]

Stojany lisů jsou buď rámové, nebo sloupové (obr. 21). Rámové otevřené stojany jsou nejčastěji ve tvaru písmene C a jejich výhodou je snadný přístup k pracovnímu místu lisu ze tří stran. Nevýhoda rámového provedení je malá tuhost konstrukce. Otevřené stojany se dělají buď jako odlitky nebo svarky z jednoho nebo více kusů u větších strojů, u nichž jsou součásti stažené k sobě spojovacími kotvami.

Sloupové stojany mají největší uplatnění u lisů pro volné kování. Stojan je složen z horního a dolního příčnicku, které jsou spojeny sloupy a tvoří základní rámovou konstrukci lisu. Sloupový stojan má nízkou hmotnost oproti rámovému typu, a umožňuje snadný přístup k pracovní části lisu, jenž je u volného kování důležitý. Stejně jako u rámového stroje, příčnicku u sloupových lisů se vyrábějí technologií odlévání nebo svařování a u velkých lisů jsou dělené příčnicku spojené kotvami k sobě. Sloupy lisů se vyrábějí plné až do průměru 800 mm. Nad 800 mm se dělají duté kvůli úspoře hmotnosti a materiálu.

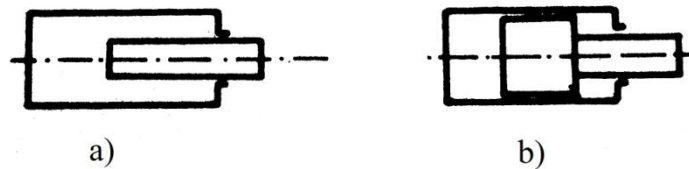
Sloupy stroje slouží rovněž k vedení pohybujícího se smykadla, a proto bývají hladké.

Smykadla (berany) se používají pro upevnění pracovního nástroje a slouží k přenosu síly z pracovního válce na tvářený materiál. Smykadla se dělají buď jako jeden celek, nebo z více částí, a jsou litá nebo svařená. Tvar a rozměry smykadla se přizpůsobují rozvržení horního příčnicku, v kterém se nachází píst, který je se smykadlem spojen buď pevnou vazbou, nebo kloubovou vazbou. Pevné spojení se vyrábí u lisů s jedním pístem, protože při více pístech by byla vyžadována přesná sousost a nepřesnosti by způsobovaly nežádoucí vlivy na opotřebení těsnění. Naopak kloubové spojení zvětšuje životnost těsnění a je vhodnější z hlediska montáže. Trojválcové stroje používají kombinaci těchto spojení, kde prostřední pístní tyč je pevně spojena se smykadlem, a boční tyče jsou uchycené kloubovým spojením. Pracovní nástroj je k beranu uchycen pomocí drážky ve tvaru T. Lisy s rámovou konstrukcí používají vedení smykadla podél vodících lišt, což umožňuje vymezit vůli.



Obr. 22 Konstrukce pístového generátoru [11]

Generátory v hydraulických lisech dodávají potřebný průtok kapaliny a dodávají do systému potřebnou tlakovou energii a dále také kinetickou energii potřebnou pro dopravu tekutiny obvodem. Síla proudění má vliv na pohybovou frekvenci motoru, tj. otáčky a posuvovou rychlost. Výstupní tlak vycházející z generátoru je určen odporem výtlačného potrubí. Generátory jsou dvojího druhu. První z nich pracuje s konstantním proudem, kdy se proud mění pouze změnou otáček. Druhý typ, nazývaný také jako regulační, pracuje s proměnným proudem a snížení nebo zvýšení proudu se dosahuje změnou určitého parametru mechanismu při zachování počtu otáček. V hlavním pohonu hydraulických strojů se nejčastěji používají pístové generátory zobrazené na obr. 22, které pracují s konstantním i proměnným objemem a regulace tlaku se dosahuje změnou výstřednosti.



a) plunžrový typ

b) typ s diferenciálním pístem

Obr. 23 Schéma přímočarého hydromotoru [11]

Hydromotor je hydraulický prvek, který převádí energii ze sloupce kapaliny na pevnou část. Nejčastěji se u lisů používá hydromotor s přímočarým pohybem, jeho základní schéma je na obrázku 23. Typ s diferenciálním pístem se používá u strojů pracujících s větším tlakem pracovní kapaliny.



Obr. 24 Hydraulický lis s akumulátorem [22]

Akumulátor (obr. 24) slouží k zásobě kapaliny, která je pod vyšším tlakem, než je atmosférický a slouží k akumulaci tlakové energie. Používá se také k nastřádání energie, která se může v určitém okamžiku odebrat. V hydraulických obvodech akumulátor provádí mnoho funkcí, například doplňuje objemové ztráty kapaliny, pohlcuje přebytečnou energii, tlumí hydraulické rázy atd. U tvářecích strojů je důležité, že umožňují na krátkou dobu zvýšit odběr kapaliny. Další výhodou spočívá v zapojení více strojů do společného centrálního zdroje energie, kde akumulátor vyrovnává nerovnoměrnosti odběru kapaliny v hydraulických obvodech.

Ventily používané v hydraulických obvodech se rozdělují na tři typy: pojistné, přepouštěcí a redukční. Pojistné ventily chrání hydraulický obvod proti přetížení. Přepouštěcí se používají na udržování konstantního tlaku v obvodu a chrání proti přetížení. Na rozdíl od těch pojistných ventily přepouštěcí trvale převádějí menší množství kapaliny zpět do nádrže. Redukční ventily se používají pouze ke snížení pracovního tlaku.

Hydraulické lisy se staví do maximální síly 10^3 MN. Velikost pracovního zdvihu se nastavuje libovolně z celkového zdvihu beranu. Rychlost pohybu beranu je možné plynule regulovat a stanovuje se podle potřeby technologického procesu v rozsahu 0 až 0,25 m/s. Dosáhnout konstantního tlaku a rychlosti u kovacího procesu je u lisů snadné, stejně tak je

jednoduché plynule regulovat tlak v soustavě. U lisů se dá rychle a bez komplikací reversovat pohyb beranu. Hydraulické lisy se často začleňují do mechanizace a automatizace pracovního cyklu a pomocných operací. Další výhodou spočívá v možnosti odebrání maximální síly v jakémkoli místě zdvihu. U hydraulických lisů se jednoduše dosahuje konstantního tlaku a stálé rychlosti beranu.



Obr. 25 Konstrukce lisu [22]

Nevýhodou hydraulických kovací lisů spočívá v jejich složitosti konstrukce pohonu a pomalejším chodu smykadla než u bucharů a lis tedy dosahuje nižší výrobnosti. Dále mají menší účinnost, zjišťování poruch je náročnější, a s tím je spojená i složitější údržba. Lisy mají vyšší pořizovací náklady při zachování stejné jmenovité síly v porovnání s jinými stroji a to až o 30%. Díky neustálé inovaci hydraulických prvků se nedostatky minimalizují a stroje se tak stále více rozšiřují a nahrazují postupně buchary.

2.2 Princip činnosti [7], [8], [9], [11], [15], [16], [20], [22]

Hydraulický kovací lis se skládá ze dvou komor spojených navzájem potrubím, ve kterých jsou písty. Funkce stroje je založen na rovnoměrném šíření tlaku v kapalinách všemi směry na principu Pascalova zákona (obr. 26).

$$p = \frac{F}{S} \quad (2.1)$$

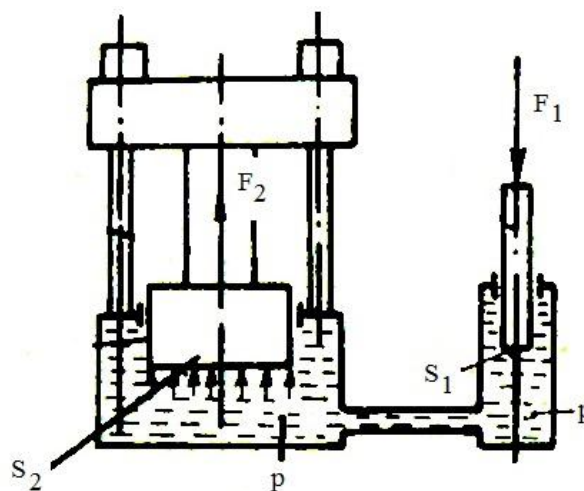
kde p je tlak

F je síla působící kapalinou

S je plocha pístu.

Když píst působí na kapalinu silou F_1 , vzniká pod pístem tlak p , který se šíří stejnoměrně do všech směrů, na další píst působí síla F_2 , kterou píst tlačí na tvářený materiál.

Síla F_2 je tolikrát větší, kolikrát je větší plocha S_2 vůči ploše S_1 . U hydraulických lisů se energie přenáší pomocí hydraulického mechanismu. Píst a komora tvoří zdroj tlakové energie (čerpadlo) lisu. Píst a komora jsou pracovní jednotkou (hydromotor). Čerpadlo je zdrojem tlakové energie, která se v pracovní jednotce (hydromotoru) mění na přetvárnou práci.



Obr. 26 Princip práce lisů [7]

Základním zdrojem energie v lisech je tlaková energie pracovní kapaliny, která se používá na vyvození sil, jež jsou potřeba k plastické deformaci tvářeného materiálu, k pohonu hydraulického válce při zvedání na prázdno a k pohánění pomocných mechanismů lisu. Přeměnu mechanické energie elektromotoru a čerpadla na tlakovou energii kapaliny zabezpečuje hydraulický pohon, kterým se také

nastavují velikosti sil, rychlost a pohyb pracovních mechanismů. Tlak kapaliny v pohonu bývá nejčastěji 20, 32 a 40 MPa a při vyšších nárocích může dosahovat i 100 až 120 MPa.

Hydraulický pohon je sestaven z těchto částí: čerpadlo, hydraulický válec, rozdělovací a regulovací zařízení, potrubí (obr. 27) a pomocné zařízení, jako je nádrž, zásobníky, akumulátory a filtry. Mechanismy pohonu tvářecích strojů se rozdělují na tři základní skupiny.

První je mechanismus s přímým pohonem se sériovým nebo sérioparalelním řazením prvků s hydrostatickým generátorem. Tento pohon nachází velké uplatnění díky použití rychloběžných olejových vysokotlakých čerpadel. Z toho důvodu se lisy s tímto pohonem používají do velikosti jmenovité síly až 20 MN.

Druhý je mechanismus s nepřímým pohonem se sériovým nebo sérioparalelním řazením hydraulických prvků s hydrostatickým generátorem a akumulátorem. Používá se nejčastěji u pomaloběžných lisů s velkou jmenovitou silou.

Třetí je mechanismus s kombinovaným pohonem. Využívá spojení dvou a více pohonů, například použití dvou generátorů nebo multiplikátoru a generátoru nebo multiplikátoru, akumulátoru a generátoru. Kombinovaný pohon s multiplikátorem má uplatnění u lisů při potřebě velkých jmenovitých sil.

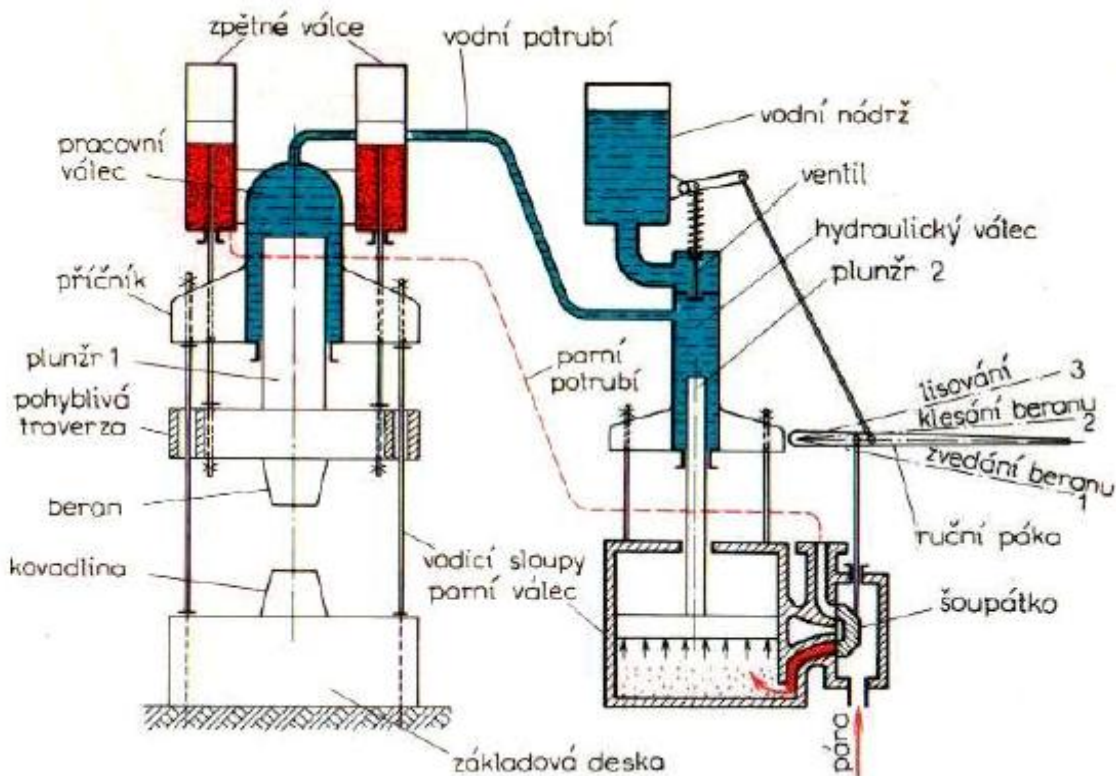
V pohonech hydraulických lisů se jako pracovní médium používá vodní emulze a některé druhy minerálních olejů. Dříve se však jako tlakové médium používala voda.

Dnes se emulzní kapaliny vyznačují hlavními přednostmi vody, tj. její dostupností, nehořlavostí a nízkou cenou. U menších hydraulických strojů se používá olejová hydraulika. Olej jako pracovní kapalina umožňuje užívání rychloběžných pístových čerpadel a šoupátkového rozvodu, protože funguje zároveň i jako mazivo. Skvělé mazací vlastnosti olejů mají dobrý vliv i na životnost ventilů a těsnění.

U některých lisů se nachází multiplikátor (obr. 28), který slouží ke dvěma účelům. První spočívá ve zvýšení tlaku pracovní kapaliny a druhý je, že slouží jako generátor. Multiplikátor je takzvaný násobič tlaku a slouží ke zvýšení tlaku pracovní kapaliny. Skládá se z několika válců, rozdílných průměrů, nejčastěji ze dvou válců. Na válec s větším průměrem působí nízký tlak a síla, která je vyvozená hydraulicky, pneumaticky nebo případně i mechanicky pomocí klikového mechanismu. Díky multiplikátorům je stroj schopen dosáhnout vyšších tlaků pracovní kapaliny, od 40 do 120 MPa. Používá se u lisů s rozsahem jmenovité síly 10 až 15 MN a dovoluje pracovat bez manipulace s rozvody s velkým počtem zdvihů.



Obr. 27 Přívod hydraulického potrubí k lisu [19]



Obr. 28 Hydraulický kovací lis s multiplikátorem [20]

Značení hydraulických lisů

Hydraulické kovací lisy se všeobecně značí písmeny CK, další písmena vyjadřují konstrukční uspořádání lisu a číslo značí jmenovitou tvářecí sílu lisu v MN. Například označení CKVX 2500 značí, že se jedná o hydraulický lis hornotlaký s dvousloupovou konstrukcí, jehož jmenovitá tvářecí síla je 25 MN.

2.3 Hornotlaké čtyřsloupové hydraulické lisy [6], [7], [19], [22]

Typ CKV je hornotlaký čtyřsloupový kovací lis, který se uplatňuje v kovárnách pro volné kování. Je určený pro všechny operace volného kování výkovků z oceli i neželezných kovů, což zahrnuje pēchování ingotů, volné kování různých polotovarů s kruhovým i n-hranným průřezem, děrování a kování kroužků. Řada strojů CKV se nejvíce hodí do míst, kde je nutno postavit lis v místech s vysokou hladinou vody a je tudíž požadován nízký základ lisu.

Princip činnosti lisu je následující. Lisovní válce tlačí horní traverzu nesoucí vrchní kovadlo směrem dolů na výkovek. Rám lisu je složen ze 4 kovaných sloupů, v nichž jsou umístěny lisovní válce vyvíjející lisovací sílu a zpětné válce zajišťující zpětný pohyb. Výhodou je, že lisy mohou kovat s poměrně velkou



Obr. 29 CKV 7200/10500 TS Plzeň [22]

excentricitou kovací síly. Dále se vyznačují robustní vertikální konstrukcí zajišťující vysokou životnost zařízení. Programovým vybavením je možné řídit celý integrovaný kovací soubor díky čidlům, která snímají veškerý pohyb. Osvědčené prvky u ovládání hydraulických, elektrických a elektronických okruhů spolu s tuhou konstrukcí lisu zajišťují bezpečný provoz lisu, ekonomickou životnost a spolehlivost funkce, přesnost odměřování během kování ± 1 mm, zkrácení pomocných časů, snížení spotřeby energie a možnost integrace s kovacím manipulátorem.

U lisu řady CKV se užívá pohon s pracovním médiem 3-5% emulze vody s minerálním olejem. Při zapojení více lisů v kovárně je výhodou centrální pohon z akumulátorové stanice. Lze také použít přímý čerpadlový pohon, kde je pracovním médiem minerální olej.

Příkladem je stroj CKV 7200/10500 se jmenovitou tvářecí silou 72 MN (obr. 29), který je vhodný pro práci s výstředním zatížením do jedné desetiny pracovního zdvihu. Obsluha lisu pomocí jeřábu je usnadněná díky úzké horní pevné a pohyblivé traverzy. Stroj je vybaven oboustranným podélným posuvným stolem a ukazovatelem zdvihů pohyblivé traverzy. Konstrukce a vybavení lisu umožňuje dosáhnout velkého počtu zdvihů, které jsou potřebné k perfektnímu prokování a zarovnání. Pracovní kapalina je přiváděna z hydraulické akumulátorové stanice. Spouštění a ovládání je elektrohydraulické pomocí tlačítek a přepínacími páčkami na ústředním ovládacím pultu.

Mezi největší výrobce modelu CKV v ČR je firma Žďas, a.s. nebo závody TS Plzeň. V Plzni také využívají tohoto modelu na výrobu součástek pro různé stroje a zařízení, jako jsou hydraulické lisy, zařízení válcoven a cukrovarů, divadelní a jevištní technika atd. Dále také používají další stroje řady CKV a to menší lisy CKV 2500 a CKV 320 na menší výkovky. Ve firmě Metalurgie Žďas se používá CKV 630 a CKV 2250, kde se zabývají výrobou výkovků pro další stroje.

2.4 Hornotlaké dvousloupové hydraulické lisy [6], [7], [19], [21], [22]

Řada CKVX jsou kovací lisy hornotlaké s dvěma sloupy nové koncepce a zajišťují ekonomickou výrobu kvalitních výkovků s přesnějšími tolerancemi. Tyto stroje můžeme použít pro všechny základní kovářské operace volného kování. Tyto stroje mají dělený rám skládající se z horní a spodní traverzy spojenými dvěma sloupy. V horní traverze se nachází



Obr. 30 CKVX 1250 – kovárna Žďas [22]

lisovní a zpětné válce. Stroje řady CKVX mají robustní vertikální konstrukci, která je zárukou vysoké životnosti lisu. Výhoda je, že tyto stroje mají tuhý rám a vedení umožňující kovat s větší excentricitou. Tyto lisy mají také mělký základ a lepší výhled do pracovního prostoru. Akumulátorový pohon s 3–5% emulze vody s minerálním olejem nebo přímý olejový pohon se používají pro hydraulický pohon těchto strojů. Programovým vybavením je možné řídit celý integrovaný kovací soubor díky čidlům snímajícím veškerý pohyb. Osvědčené prvky v ovládání hydraulických, elektrických a elektronických okruhů a tuhá konstrukce lisu zajišťují: bezpečný provoz lisu, ekonomickou životnost a spolehlivost funkce, přesnost odměřování během kování ± 1 mm, zkrácení pomocných časů, snížení spotřeby energie a možnost integrace s kovacím manipulátorem.

Jedním z modelů je CKVX 1250 (obr. 30), který je vybaven oboustranným podélným posuvným stolem a ukazovatelem zdvihů pohyblivé traverzy. Spouštění a ovládání je elektrohydraulické pomocí tlačítek a přepínacích páček na ústředním ovládacím pultu. Obsluha lisu pomocí jeřábu je usnadněná díky úzké horní pevné a pohyblivé traverze. Konstrukce a vybavení stroje umožňuje dosáhnout velkého počtu zdvihů, které jsou potřebné k perfektnímu prokovaní a zarovnání. Lis se hodí také pro práci s výstředním zatížením s rozmezím do jedné desetiny pracovního zdvihu. Pracovní kapalina je přiváděna z hydraulické akumulátorové stanice.

CKVX 1250 vyrábí firma Žďas, a.s. a používá v Metalurgii Žďas pro výrobu výkovků a součástek. Dále se výrobou samotných lisů zabývá závod TS Plzeň, který je sám využívá pro výrobu součástek. V ZVÚ Hradec Králové se používá menší kovací lis CKVX 320 pro výrobou součástek a strojů pro různé technické odvětví, jako je chemický průmysl, koksárenský průmysl, energetika atd.

2.5 Dolůtažné dvousloupové hydraulické lisy [6], [7], [14], [19], [22]

Typ CKW je hydraulický kovací lis dolůtažný s dvousloupovou konstrukcí. Tyto lisy se používají v těch kovárnách, kde je nutná malá výška lisu za cenu hlubších základů. Jejich určení je pro všechny operace volného kování výkovků z ocelí i neželezných kovů, což zahrnuje pěchování ingotů, volné kování různých polotovarů s kruhovým i n-hranným průřezem, děrování a kování kroužků. Uložení lisovních válců je ve střední nepohyblivé traverze, která působí na spodní příčník pohyblivého rámu směrem dolů tak, že kovádko uchycené v horním příčníku rámu, je taženo do materiálu. Pokud je lis určen pro větší výkovky, tak existuje provedení nejen s jedním lisovním válcem, ale také v provedení se třemi lisovními válci umožňující aktivací jednoho, dvou nebo tří lisovních válců volbu velikosti tvářecí síly. Hydraulický pohon těchto lisů se standardně dodává s přímým olejovým pohonem, jenž je umístěn pod podlahou továrny. Tyto stroje se vyznačují olejovým bezztrátovým oběhovým mazáním, které zajišťuje vysokou životnost vodících lišt a celého zařízení, a také robustní vertikální konstrukcí s dlouhým vedením pohyblivého rámu ve střední traverze. Pohyby lisu mohou být



Obr. 31 CKW 4000 [22]

také snímány a přenášeny do řídicího počítače, z kterého lze řídit celý kovací soubor díky čidlům snímajícím veškerý pohyb. Osvědčené prvky u ovládání hydraulických, elektrických a elektronických okruhů spolu s tuhou konstrukcí lisu zajišťují bezpečný provoz lisu, ekonomickou životnost a spolehlivost funkce, přesnost odměřování během kování ± 1 mm, zkrácení pomocných časů, snížení spotřeby energie a možnost integrace s kovacím manipulátorem.

Příkladem je model CKW 4000 (obr. 31) vyznačující se malou výškou nad podlahou a přehledností pracovního prostoru. Díky nízkému těžišti je lepší stabilita lisu a ta dovoluje kovat velkou rychlostí. Spouštění a ovládání stroje je elektrohydraulické prostřednictvím

tlačítek a přepínacími páčkami na ústředním ovládacím pultu. Pracovní cyklus je řízen buď ručně, poloautomaticky nebo plně automaticky. Další výhodou je, že je potřeba k ovládní lisu jen jednoho pracovníka i u sdružených pracovišť.

Kovací stroje řady CKW se vyrábějí ve firmě Žďas, a.s. nebo v závodech TS Plzeň a používají se po celém světě. Například kovací lis CKW 6300 se používá v továrnách v Íránu. Stroj CKW 1600 používá firma Rajkumar Forge v Indii (obr. 32), která se zabývá výrobou strojů do těžkého průmyslu. V Japonsku v nadnárodní firmě NIW se používá CKW 1000. V Anglii se v jedné firmě užívá menší lis CKW 630.



Obr. 32 CKW 1600 – Rajkumar Forge Indie [22]

2.6 Dolůtažné čtyřsloupové hydraulické lisy [1], [6], [7], [19], [22]

Řada CKZW je lis dolůtažný s vertikální čtyřsloupovou konstrukcí. Součástí stroje je střední traverza, která je nosnou částí lisu a je uložena na čtyřech ocelových sloupech. Spodní a horní traverza a čtyři sloupy čtvercového průřezu tvoří pohyblivý rám lisu. Čtyři lisovní válce plunžrového typu vyvozují lisovací sílu a jsou zabudované ve střední traverze. Čtyři zpětné válce zajišťují zpětný pohyb rámu. Tento hydraulický kovací lis je nejvhodnější pro použití na výrobu železničních kol za tepla, tj. provádí se operace pěchování a tvarování pomocí nástrojů, které jsou uchycené na horní a spodní kovací desce. Hydraulický pohon lisů je zajištěn použitím jak přímého olejového pohonu, tak akumulátorového pohonu s 3–5 % emulze vody s olejem. Je možno použít multiplikátor vertikální koncepce pro dosažení zvýšené lisovní síly. Multiplikátor je tvořen spodním a horním válcem rozdílných průměrů. Píst a pístnice jsou usazeny v dutině válců. Hydraulický řídicí blok je ustaven na spodním válci.

Jedním ze strojů je CKWZ 5600 (obr. 33), který má nízké těžiště a lepší stabilitu díky malé výšce nad podlahou. To dovoluje lisu kovat velkou rychlostí. Další výhodou je přehlednost pracovního prostoru a možnost ovládní jen jedním člověkem i u sdružených pracovišť. Spouštění a ovládní stroje je elektrohydraulické pomocí tlačítek a přepínacích páček na ústředním ovládacím pultu. Pracovní cyklus je řízen buď ručně, poloautomaticky nebo plně automaticky.

Lis CKWZ je vyráběn ve firmě Žďas, a.s. a v závodech TS Plzeň. CKWZ 5600 se používá ve firmě Bonatrans Bohumín (obr. 34), která se zabývá výrobou dvojkolí, kol, náprav a dalších součástí pro lokomotivy, osobní, nákladní a městskou dopravu.



Obr. 33 CKWZ 5600 - Bonatrans Bohumín [22]



Obr. 34 CKWZ 5600 – Bonatrans Bohumín [22]

3 ZÁVĚRY

Při výrobě volných výkovek se používají dva druhy strojů, buchary a hydraulické lisy. Na těchto strojích se vyrábí tvarově jednoduché součástky různých velikostí, které se dále zpracovávají.

Buchary se v dnešní době používají čím dál méně. Největší čeští výrobci kovacíh strojů jejich nabídku omezili nebo zrušili úplně, a proto se dnes buchary prodávají převážně v bazarech a v inzerátech. Důvod, proč je buchar na ústupu, se odvíjí od základního principu fungování. Buchar tváří výkovek pomocí rázové energie a to vyvolává silné otřesy, které se přenášejí do budovy a vytvářejí značné množství hluku. Buchary jsou také více nebezpečné pro zdraví obsluhy, kde rychle padající beran může způsobit zranění na ruku. Další nevýhoda je regulace energie rázu, která se během kovacího procesu nemůže měnit. Tyto nevýhody minimalizují právě hydraulické lisy, které dnes nahrazují buchary.

Kovací lisy pracují na principu tlakového působení, které zajišťuje přesné kování. Firmy jako Žďas nebo TS Plzeň dnes vyrábějí několik druhů lisů pro volné kování a vyváží je po celém světě. Lisy se mohou zapojit do automatizovaného procesu a tím zvýšit produktivitu výroby. Stroje jsou dnes napojené na řídicí počítače, z kterých je možný řídit celý kovací soubor společně s kovacím manipulátorem a tím dosáhnout vysoké efektivity výroby. Jednoduché ovládání zajišťuje bezpečný provoz lisu a nižší spotřeba energie a zkrácení pomocných časů je finančně výhodné na provoz.

Vývoj hydraulické a výpočetní techniky spolu s automatizací výroby jsou důvody, které přispívají k rozšíření kovacíh lisů. I největší čeští výrobci kovacíh strojů mají v nabídce převážně hydraulické lisy a buchary postupně mizí z jejich nabídky. V budoucnu bude tento trend pokračovat a lisy budou nacházet širší uplatnění a nahrazovat buchary, které se naopak budou používat méně, spíše u menších firem a kovářských dílen.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. *Bonantras Group a.s.* [online]. Bohumín: Bonantras Group, © 2014 [cit. 2014-04-20]. Dostupné z: <http://www.bonantras.cz/>
2. Buchar Prako Kap 40. *Inzerce zdarma* [online]. Inzerce zdarma, ©2014 [cit. 2014-03-22]. Dostupné z: <http://www.inzerce-zdarma.com/buchar-prako-kap-40-v-textu/>
3. *Buchary* [online]. Košice: TU v Košiciach, 2005 [cit. 2014-04-07]. 16 s. Dostupné z: http://www.sjf.tuke.sk/kvtar/2/files/05_Buchary.pdf. Studijní materiál. Technická univerzita v Košiciach.
4. FOREJT, Milan. *Teorie tváření a nástroje*. 1. vyd. Brno: VUT Brno, 1991, 187 s. ISBN 80-214-0294-6.
5. Hlavní hřídel větrné elektrárny. *ČSVE* [online]. Brno: ČSVE, ©2013 [cit. 2014-03-12]. Dostupné z: <http://www.csve.cz/cz/clanky/hlavni-hridel-vetrne-elektrarny/325#prettyPhoto>
6. HÝSEK, Rudolf. *Tvářecí stroje 1971*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1972, 600 s. MDT 621.97.
7. KOPECKÝ, Miloslav a Bedřich RUDOLF. *Tvářecí stroje: mechanické a hydraulické lisý*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1967, 328 s. MDT 621.979.1.
8. KOVÁČ, Andrej a Bedřich RUDOLF. *Tvářniace stroje*. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1989, 375 s. MDT 621.7.06.
9. KOVÁČ, Andrej a Milan JENKUT. *Tvářniace stroje*. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1978, 816 s. MDT 621.7.06.
10. KPH 1250. *Titanprom* [online]. Russia: Titanprom, ©2010 [cit. 2014-02-22]. Dostupné z: <http://www.titanprom.ru/catalog/item1713>
11. NOVOTNÝ, Karel. *Výrobní stroje: část I. - Tváření*. 1. vyd. Brno: VUT Brno, 1984, 112 s. MDT 621.7.06.
12. Parovzdušný buchar. *AllBiz* [online]. Voronezh: AllBiz, © 2010-2014 [cit. 2014-05-15]. Dostupné z: <http://voronezh.all.biz/cs/parovzdusny-buchar-g272220>
13. Pneumatický buchar. *Amaron s.r.o (Ltd)* [online]. Brno: Amaron, ©2009 [cit. 2014-02-24]. Dostupné z: http://amaron-trading.com/used/cz/rubriky/lisy-buchary/kb-40_569/
14. *Rajkumar Forge Ltd.* [online]. India: Rajkumar Forge, © 2013 [cit. 2014-05-03]. Dostupné z: <http://www.rkforging.com/>
15. RUDOLF, Bedřich a Miloslav KOPECKÝ. *Tvářecí stroje: základy výpočtů a konstrukce*. 1. vyd. Praha: SNTL; ALFA, 1979, 407 s. MDT 627.97.

16. STANĚK, Jiří. *Základy stavby výrobních strojů: tvářecí stroje*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2004, 126 s. ISBN 80-7082-738-6.
17. *Šmeral Brno a.s.* [online]. Brno: Šmeral Brno [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.smeral.cz/DefaultCZ.html>
18. *Technologie 2: tváření kovů* [online]. Liberec: TUL [cit. 2014-04-21]. 1 s. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/03-kovani/05-buchary.JPG. Skripta. Technická univerzita Liberec.
19. *TS Plzeň a.s.* [online]. Plzeň: TS Plzeň, ©2014 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://www.tsplzen.cz/>
20. *Tvářecí stroje* [online]. Praha: ČVUT, 2006 [cit. 2014-03-15]. 90 s. Dostupné z: http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12135-VSZ/download/obor_stud/VSZ_-_2351054/VSZ_-_Tvareci_stroje.pdf. Poznámky k přednáškám. ČVUT.
21. *ZVU Engineering a.s.* [online]. Hradec Králové: ZVU Engineering, © 2014 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.zvuengineering.cz/cz/>
22. *ŽĎAS, a.s.* [online]. Žďár nad Sázavou: ŽĎAS [cit. 2014-05-21]. Dostupné z: <http://www.zdas.cz/cs/index.aspx>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
E_d	Energie plastické deformace	[J]
E_k	Kinetická energie úderu	[J]
E_p	Energie plastické deformace	[J]
E_s	Kinetická energie soustavy	[J]
F	Síla	[N]
k	Koeficient obnovy rychlosti	[-]
m	hmotnost	[kg]
p	Tlak	[Pa]
S	Plocha	[m^2]
v	rychlost	[m/s]

SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

- Obr. 1 Příklad bucharu na vodní pohon
- Obr. 2 Příklad hydraulického lisu
- Obr. 3 Příklad výkovku
- Obr. 4 Rozdělení bucharů
- Obr. 5 Schéma dvojčinného bucharu
- Obr. 6 Otevřené stojany
- Obr. 7 Rámové stojany
- Obr. 8 Uspořádání odpruženého základu bucharu
- Obr. 9 Uspořádání bucharu
- Obr. 10 Schéma pohonu pružinového bucharu
- Obr. 11 KAP 40
- Obr. 12 Schéma pneumatického bucharu
- Obr. 13 KB 630
- Obr. 14 Schéma hydraulického bucharu
- Obr. 15 KPH 1250
- Obr. 16 Parovzdušný buchar
- Obr. 17 Schéma parovzdušného bucharu
- Obr. 18 Rozdělení hydraulických lisů
- Obr. 19 Dolůtažný lis
- Obr. 20 Hornotlaký lis
- Obr. 21 Sloupový lis
- Obr. 22 Konstrukce pístového generátoru
- Obr. 23 Schéma přímočarého hydromotoru
- Obr. 24 Hydraulický lis s akumulátorem
- Obr. 25 Konstrukce lisu
- Obr. 26 Princip práce lisů
- Obr. 27 Přívod hydraulického potrubí k lisu
- Obr. 28 Hydraulický kovací lis s multiplikátorem
- Obr. 29 CKV 7200/10500 TS Plzeň
- Obr. 30 CKVX 1250 – kovárna Žďas
- Obr. 31 CKW 4000
- Obr. 32 CKW 1600 – Rajkumar Forge Indie
- Obr. 33 CKWZ 5600 - Bonatrans Bohumín
- Obr. 34 CKWZ 5600 - Bonatrans Bohumín