

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství  
Studijní zaměření: Stavba výrobních strojů a zařízení

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Konstrukční řešení klikových lisů a mechanizace jejich provozu

Autor: **Martin MOC**

Vedoucí práce: **doc. Ing. Jiří STANĚK, CSc.**

Akademický rok 2014/2015

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin MOC**  
Osobní číslo: **S14B0224K**  
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Stavba výrobních strojů a zařízení**  
Název tématu: **Konstrukční řešení klikových lisů a mechanizace jejich provozu**  
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

Představte historický vývoj v oblasti klikových lisů, včetně jejich mechanizace. Provedte rešerši současného stavu (konstrukce, výroba, technické parametry, konstrukční uzly) a stručný pohled do budoucna. Na konkrétním lisu proveďte základní výpočty, včetně návrhu mechanizace jeho provozu.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Historie, rešerše současného stavu a výhled do budoucna
2. Specifikace požadavků na klikové lisy a jejich základní rozdělení
3. Technologické použití klikových lisů
4. Možné způsoby mechanizace provozu klikových lisů
5. Základní výpočty klikových lisů
6. Zhodnocení výsledků práce
7. Závěr

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah pracovní zprávy: **30-40 stran A4**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:


**STANĚK, J.** *Základy stavby výrobních strojů tvářecí stroje.* **Plzeň: Západočeská univerzita v plzni, 2004**

**RUDOLF, B., KOPECKÝ, M.** *Tvářecí stroje základy stavby a využití.* **Praha: SNTL, 1985**

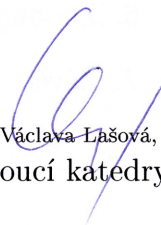
*Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.*

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.**  
Katedra konstruování strojů  
Konzultant bakalářské práce: **Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.**  
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **22. září 2014**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **26. června 2015**

  
Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.  
děkan



  
Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 22. září 2014

## **Prohlášení o autorství**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne: .....

.....  
podpis autora



## **Poděkování**

Rád bych poděkoval doc. Ing. Jiřímu Staňkovi CSc. za cenné a odborné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích bakalářské práce.

# ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení Moc	Jméno Martin		
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	Stavba výrobních strojů a zařízení			
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Staněk, CSc.	Jméno Jiří		
<b>PRACOVISŤE</b>	ZČU - FST - KKS			
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLŮMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	<b>Nehodící se škrtněte</b>	
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Konstrukční řešení klikových lisů a mechanizace jejich provozu			

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KKS	<b>ROK ODEVZD.</b>	2015
----------------	---------	----------------	-----	------------------------	------

## POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	58	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	58	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	0
---------------	----	---------------------	----	--------------------------	---

<p style="text-align: center;"><b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b></p> <p><b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b></p>	<p>Tato bakalářská práce se zaměřuje na mechanizaci klikových lisů. Obsahuje historii klikových lisů, vývoj mechanizace, zhodnocení současného stavu a výhled do budoucna. Dále obsahuje základní rozdělení klikových lisů a požadavky, které jsou na ně kladené. Také jejich technologické použití a možné způsoby mechanizace jejich provozu. Na konkrétním lisu provedené základní výpočty včetně návrhu mechanizace jeho provozu. A na závěr zhodnocení výsledků práce.</p>
<p style="text-align: center;"><b>KLÍČOVÁ SLOVA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b></p>	<p>Klikový lis, mechanizace, ergonomie, bezpečnost práce, konstrukční uzly, technologické použití, nástroj, polotovary, výrobní linka, pohon válečkového podavače, zdvihová funkce, rozklad sil, časový diagram, vačka</p>

## SUMMARY OF BACHELOR SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Moc	Name Martin	
<b>FIELD OF STUDY</b>	2301R016 „Design of Manufacturing Machines and Equipment“		
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Staněk, CSc.	Name Jiří	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>TYPE OF WORK</b>	<del>DIPLOMA</del>	<b>BACHELOR</b>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Design solutions crank presses and mechanization of their operations		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Machine Design	<b>SUBMITTED IN</b>	2015
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	58	<b>TEXT PART</b>	58	<b>GRAPHICAL PART</b>	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION</b>  <b>TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	<p>This bachelor thesis focuses on the mechanization of crank presses. It contains history of crank presses, the development of mechanization, to assess the current status and future outlook. It also includes the basic division of crank presses and requirements that are applicable to them. Also, the technological use and possible ways of mechanization their operation. On a specific press made basic calculations, including the proposal mechanization of its operation. Finally, evaluate the results of the bachelor thesis.</p>
<b>KEY WORDS</b>	<p>Crank press, mechanization, ergonomics, safety, structural components, technological applications, tools, semi-product ,production line, drive roller feeders, stroke function, decay forces, timing chart, cam</p>

## Obsah

1	Úvod .....	10
2	Historie .....	11
2.1	Historie z hlediska mechanizace.....	11
2.2	Historie z hlediska ergonomie .....	11
2.3	Historie z hlediska bezpečnosti práce .....	11
3	Rešerše současného stavu a výhled do budoucna .....	12
3.1	Současné lisy disponují:.....	12
3.2	Stručný pohled do budoucna .....	13
4	Klikové lisy .....	14
4.1	Základní rozdělení klikových lisů .....	14
4.1.1	Dle počtu klikových mechanismů.....	14
4.1.2	Dle orientace osy kliky vzhledem k rámu .....	15
4.1.3	Dle tvaru stojanu .....	15
4.1.4	Dle umístění pohonu .....	15
4.1.5	Dle směru tvářecí síly .....	15
4.1.6	Dle velikosti jmenovité síly .....	15
4.2	Základní konstrukční uzly klikových lisů .....	16
4.2.1	Klikový mechanismus .....	16
4.2.2	Klika (klikový hřídel).....	16
4.2.3	Ojnice.....	16
4.2.4	Čep.....	16
4.2.5	Beran .....	16
4.2.6	Spojka .....	17
4.2.7	Brzda.....	17
4.2.8	Setrvačnick .....	17
4.2.9	Elektromotor .....	17
4.2.10	Stůl.....	17
4.2.11	Stojan (rám).....	17
4.2.12	Nástroj .....	17
4.2.13	Polotovar .....	17
4.2.14	Vedení beranu .....	17
4.2.15	Převody.....	17

4.3	Specifikace požadavků na klikové lisy .....	18
4.3.1	Požadavky z hlediska jakosti práce.....	18
4.3.2	Požadavky z hlediska výkonnosti stroje .....	18
4.3.3	Požadavky z hlediska vztahu člověka ke stroji.....	18
5	Technologické použití klikových lisů.....	19
5.1	Ohýbání .....	19
5.2	Zápustkové kování.....	19
5.3	Mělké tažení .....	19
5.4	Ražení .....	20
5.5	Protlačování za tepla a za studena .....	20
5.6	Stříhání a ostřihování .....	20
5.7	Kalibrování.....	20
6	Mechanizace.....	21
6.1	Základní rozdělení stupňů mechanizace .....	21
6.1.1	Ruční .....	21
6.1.2	Částečná mechanizace .....	21
6.1.3	Plná mechanizace .....	21
6.1.4	Částečná automatizace .....	21
6.1.5	Úplná automatizace.....	21
6.2	Mechanizace výměny Nástroje .....	22
6.2.1	Odnímatelné konzoly .....	22
6.2.2	Dopravní lišty.....	23
6.2.3	Vyjíždějící stoly .....	23
6.2.4	Upínací elementy.....	24
6.2.5	Vozíky .....	24
6.2.6	Jeřáby .....	25
6.3	Mechanizace výměny polotovaru .....	25
6.3.1	Polotovary v podobě jednotlivých kusů .....	25
6.3.2	Polotovary v podobě drátů a tyčí.....	30
6.3.3	Polotovary v podobě plechů .....	32
6.4	výrobní linka .....	36
6.4.1	Schéma možného uspořádání výrobní linky.....	36
6.4.2	Reálná výrobní linka .....	37
6.4.3	Odvíječky plechu .....	38

6.4.4	Rovnačky plechu.....	38
6.4.5	Mazací zařízení .....	38
7	Návrh pohonu válečkového podavače pro lis Šmeral LENR 25 .....	39
7.1	Parametry lisu.....	39
7.2	Navržený pohon válečkového podavače.....	40
7.3	Popis jednotlivých dílů pohonu podavače.....	41
7.4	Popis funkce mechanismu podavače .....	42
8	Základní výpočty klikových lisů.....	43
8.1	Zdvihová funkce klikového mechanismu .....	43
8.2	Závislost zdvihu, rychlosti a zrychlení na úhlu natočení.....	44
8.3	Závislost mezi momentem na klice a silou na beranu.....	45
8.4	Rozklad sil na klikovém mechanismu .....	46
8.5	Výpočty pro časový diagram zdvihu.....	47
8.6	Časový diagram zdvihu beranu lisu a válečkového podavače.....	48
8.7	Výpočet přítlačné síly válce válečkového podavače.....	49
8.8	Výpočet krouticího momentu na podávacím válci.....	50
8.9	Návrh tvaru vačky na ovládání válečkového podavače.....	51
8.9.1	Určení základního tvaru vačky dle konstrukčních rozměrů.....	51
8.9.2	Určení sinusové funkce náběhu .....	52
8.9.3	Určení průběhu zdvihu .....	53
9	Zhodnocení výsledků práce .....	54
10	Závěr .....	55
10.1	Seznam použité literatury .....	56
10.2	Seznam internetových zdrojů.....	56
10.3	Seznam obrázků .....	57

## **Základní požadavky:**

Představte historický vývoj v oblasti klikových lisů, včetně jejich mechanizace. Proveďte rešerši současného stavu (konstrukce, výroba, technické parametry, konstrukční uzly) a stručný pohled do budoucna. Na konkrétním lisu proveďte základní výpočty, včetně návrhu mechanizace jeho provozu.

### Osnova práce:

1. Historie, rešerše současného stavu a výhled do budoucna
2. Specifikace požadavků na klikové lisí a jejich základní rozdělení
3. Technologické použití klikových lisů
4. Možné způsoby mechanizace provozu klikových lisů
5. Základní výpočty klikových lisů
6. Zhodnocení výsledků práce
7. Závěr

## 1 Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá klikovými lisy a mechanizací jejich provozu. Klikové lisy nacházejí široké uplatnění v mnoha technologických operacích plošného a částečně i objemového tváření. Na základě optimalizace výrobního procesu a co nejlepšího využití stroje se přechází k mechanizaci jednotlivých úkonů, které zpomalovaly výrobní proces. Úkony, které se dříve dělaly ručně, a zpomalovaly výrobu, jsou dnes mechanizované nebo automatizované.

V této práci je popsán postupný vývoj v oblasti klikových lisů a s tím spojený vývoj mechanizace jednotlivých úkonů, jako je především výměna nástrojů a manipulace s polotovarem. Dále je zde popsán jaký vývoj proběhl v oblasti ergonomie a bezpečnosti práce s klikovými lisy

Práce dále obsahuje popis technického stavu v současnosti vyráběných klikových lisů a s tím i mechanizaci, která se k nim váže. Dále obsahuje jaký si odhad trendů, jakým směrem by se mohl ubírat další vývoj v této oblasti.

Práce dále obsahuje popis jednotlivých částí klikových lisů a jejich základní rozdělení. Také technologické využití klikových lisů, tím je myšleno, pro jaké tvářecí operace je vhodné jejich použití.

Práce dále obsahuje popis způsobů mechanizace klikových lisů, jak z hlediska výměny nástrojů, tak z hlediska manipulace s polotovarem. Mechanizací jsou myšleny úkony, které dříve vyžadovaly mnoho fyzické síly člověka, byly nahrazeny přípravky a stroji pro jejich usnadnění.

Na konkrétním lisu budou provedeny základní výpočty a návrh mechanizace jeho provozu.



Obr 1 jednoduchý klikový lis [5]



## 2 Historie

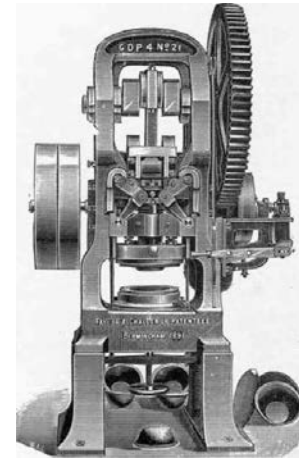
První způsob tváření kovu byl zaznamenán Homérem již kolem 8. století př. n. l. a to ručním kovááním kladivem na kovadlině. Později člověk začal využívat sílu zvířat, energii vody a větru. První mechanizovaná kovací kladiva byla použita v 9. století. První hydraulický lis s ručním čerpadlem byl zhotoven na konci 18. století.

První klikové lisy se začaly používat v 19. století. Využívaly se pro plošné tváření plechů jako je ohýbání, tažení a ostříhování. Tímto způsobem se vyráběly například plechové kbelíky, nádobí, vany atd.

### 2.1 Historie z hlediska mechanizace

Z počátku se veškeré úkony dělaly ručně, jako je výměna a manipulace s materiálem, který se vkládá do pracovního prostoru stroje a výměna nástrojů. Později se zvyšováním objemu výroby a zvětšováním velikosti strojů a polotovarů se přešlo k různým mechanizačním přípravkům, které tuto namáhavou práci usnadňovaly a zrychlovaly. Těmito přípravky byly z počátku jednoduché skluzy a vozíky, které později nahradily různé dopravníky a manipulátory.

S postupným vývojem řídicích systémů a manipulátorů se přechází k automatizaci, kde se zcela nahradí funkce člověka stroji a tím se sníží dopad lidského faktoru na chyby a nepřesnosti při výrobě.

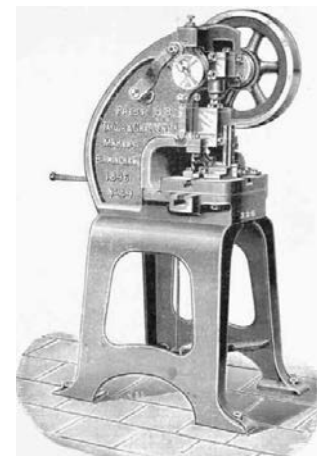


Obr 2 historický klikový lis pro tažení [6]

### 2.2 Historie z hlediska ergonomie

U velkých klikových lisů byla konstrukce navrhována hlavně dle tuhostních a pevnostních podmínek. Na manipulaci s polotovarem a pozice člověka při ovládní stroje se při navrhování tolik nemyslelo.

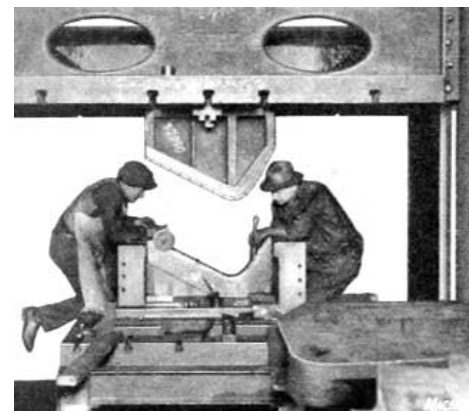
U malých klikových lisů, které byly poháněny člověkem jako je vidět na obrázku, byla ergonomie velmi důležitá. Již při navrhování konstrukce bylo počítáno s pozicí člověka a všechny ovládací prvky tomu byly uzpůsobeny. I v konstrukcích velkých strojů se postupně začaly objevovat prvky ergonomie, které člověku usnadňovaly ovládní a práci na těchto strojích.



Obr 3 historický klikový lis s pohonem pedálem [6]

### 2.3 Historie z hlediska bezpečnosti práce

Z počátku se na bezpečnost práce vůbec nehledělo, úrazy horních končetin byly velmi časté. Spojky a brzdy, které ovládaly pohyb beranu, byly nespolehlivé a při jejich selhání sjel beran nekontrolovaně do pracovního prostoru stroje. Základem bezpečnosti je spolehlivá funkce brzdy a spojky, později následovaly další prvky pro zvýšení bezpečnosti. Například zdvojené obouruční ovládní stroje plnilo takovou funkci, že za běhu stroje nemohla obsluha do pracovního prostoru strčit ruku. Na stroje se také přidávaly kryty, které bránily člověku v kontaktu s pohyblivými částmi stroje a tím předcházely zranění.



Obr 4 historická fotografie údržby nástroje [7]

### 3 Rešerše současného stavu a výhled do budoucna

K nejnámějším firmám, které se zabývají výrobou klikových lisů v České republice patří dvě firmy, **Šmeral Brno a.s.** a **ŽĎAS a.s.**. V zahraničí mezi největší výrobce patří firma **Schuler**.

Firma **Šmeral Brno a.s.** byla založena již roku 1861 a ve svém výrobním programu má mechanické a hydraulické lisy, buchary, válcovačky a automatizované linky.

Firma **ŽĎAS a.s.** zahájila výrobu roku 1951 a zabývá se hlavně metalurgií, ale také výrobou tvářecích strojů, lisovacích nástrojů a zpracováním válcovaných výrobků.

Firma **Schuler** byla založena již roku 1978 a zabývá se hlavně výrobou lisů pro automobilový průmysl, ale také výrobou mechanických a hydraulických lisů, kovacích lisů, automatizační techniky a technologie pro hydroforming

#### 3.1 Současné lisy disponují:

Například klikové lisy firmy ŽĎAS

- elektronický systém řízení s diagnostikou poruch
- systém kódování nástrojů, který výrazně zrychluje nastavení lisu pro určitý typ výlisku
- elektronický systém odměřování polohy přestavení beranu a spodního přidržovače s digitálním výstupem na monitor ovládacího panelu
- hydraulická pojistka proti přetížení s vysokou spolehlivostí při ochraně stroje před přetížením
- ozubená kola s šípovým ozubením, která snižují hlučnost a zvyšují svou životnost
- systém snímání průběhu lisovací síly na jednotlivých tlačných bodech, což zkvalitňuje informaci o průběhu tvářecího procesu
- centrální oběhové mazání s progresivními rozdělovači a systémem hlídání porušení mazacího obvodu s diagnostikou poruch
- hydraulická spojko-brzda
- pneumatické vyvažování beranu nastavitelné s ohledem na hmotnost nástroje
- motorické přestavování beranu s odměřováním polohy
- aretace beranu



Obr 5 Klikový lis ŽĎAS LKDR 200 [8]

### 3.2 Stručný pohled do budoucna

Vzhledem ke stále rostoucím požadavkům kladených na klikové lisy by další vývoj mohl jít směrem zvyšování produktivity a to zkrácením časů výrobního cyklu. Dále zvýšení přesnosti výroby, aby se minimalizovaly dokončovací operace, především obrábění, větší flexibilitou a snadné změny parametrů tváření, jako jsou pracovní rychlost, velikost síly během pracovního cyklu a zdvih beranu.

Zlepšení těchto parametrů by šlo dosáhnout při použití přímého pohonu stroje servomotorem. To znamená že, krouticí moment na klikové hřídeli bude vyvolán přímo silou motoru, nikoliv energií ze setrvačnicku, jako tomu je u současně používaných lisů.

Dále co nejvíce zohospodárnit technologický proces minimalizováním spotřeby energií, zvyšováním stupně využití materiálu, snížením vlivu lidského faktoru na rychlost a kvalitu výroby, zvyšováním stupně automatizace (manipulace s materiálem), výměnou nástrojů a využitím řídicích systémů, konkurenceschopným designem, maximalizováním bezpečnosti práce, snadnými opravami a rychlou výměnou často se opotřebovávajících součástí.

Další vývoj by se také mohl uchýlovat směrem snížení dopadu na životní prostředí a to účinnějším utlumením vibrací a rázů, které se z lisu přenášejí do okolí a snížení hluku, který při tváření vzniká.

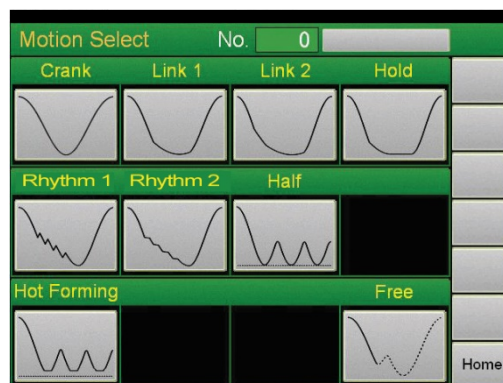
Lisy s přímým pohonem (Servo lisy)

Mají tu výhodu, že průběh zdvihu se může libovolně měnit. Například lis může pracovat pouze v dolní polovině zdvihu, beran může v dolní úvrati setrvat delší dobu pro minimalizování vratné elastické deformace, beran může v dolní části kmitat při kování atd.

Na obrázku jsou zobrazeny příklady průběhů zdvihů, které lze vytvořit servo lisem.



Obr 6 Klikový lis SEYI SD1 s přímým pohonem [9]



Obr 7 program pro řízení zdvihu lisu [10]

## 4 Klikové lisy

- 1) Základní rozdělení klikových lisů
- 2) Základní konstrukční uzly klikových lisů
- 3) Specifikace požadavků na klikové lisy

Patří do kategorie zdvihových tvářecích strojů, které využívají jak potenciální, tak kinetickou energii beranu, kde rychlost a síla beranu jsou funkcí zdvihu. Síla v dolní úvratí teoreticky roste do nekonečna, prakticky to není možné, jelikož silám podléhá jak tvářený materiál, tak pružení rámu a stojanu.

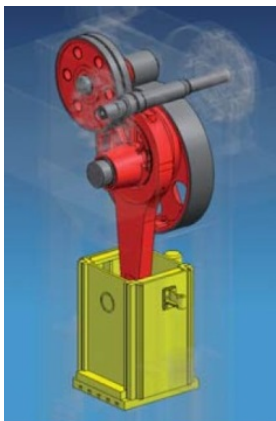
Klikové lisy fungují tak, že se tvářecí síla z elektromotoru přenáší přes setrvačnickou spojku a klikový mechanismus na beran. Využívají se na zápusťkové kování, stříhání, ohýbání, mělké tažení, protlačování za tepla i za studena, ražení, kování a ostříhování. Klikové lisy lze díky pomocným pohybům odvozených od klikového mechanismu snadno použít do mechanizovaných nebo automatizovaných linek.

### 4.1 Základní rozdělení klikových lisů

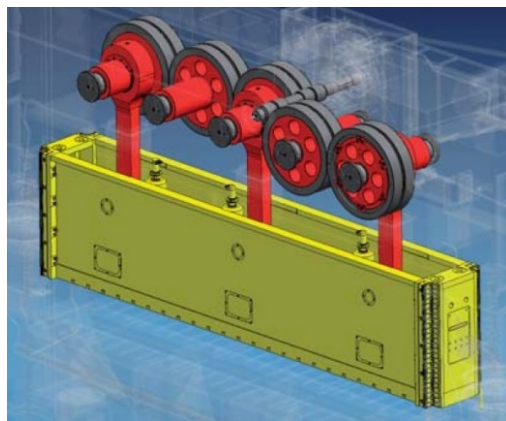
- 1) Dle počtu klikových mechanismů
- 2) Dle orientace osy kliky vzhledem k rámu
- 3) Dle tvaru stojanu
- 4) Dle umístění pohonu
- 5) Dle směru tvářecí síly
- 6) Dle velikosti jmenovité síly

#### 4.1.1 Dle počtu klikových mechanismů

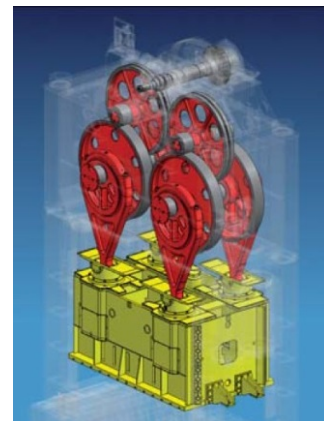
- Jednobodové
- Dvoubodové
- Tříbodové
- Čtyřbodové a více.



Obr 9 Jednobodový lis [8]



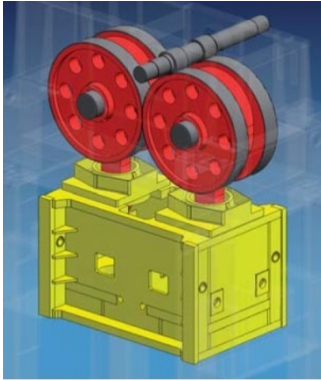
Obr 10 tříbodový lis [8]



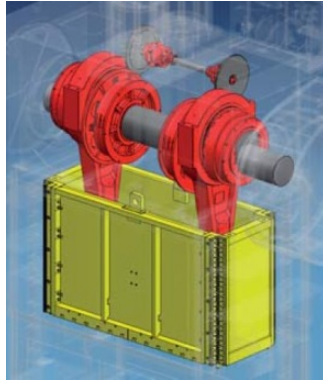
Obr 8 čtyřbodový lis [8]



#### 4.1.2 Dle orientace osy kliky vzhledem k rámu



Obr 12 příčně uložený hřídel [8]



Obr 11 podélně uložený hřídel [8]

#### 4.1.3 Dle tvaru stojanu

- Jednostojanové otevřené tvar C
- Dvoustojanové otevřené tvar CC
- Dvoustojanové uzavřené tvar O



Obr 13 Tvar C [11]



Obr 14 tvar O [12]

#### 4.1.4 Dle umístění pohonu

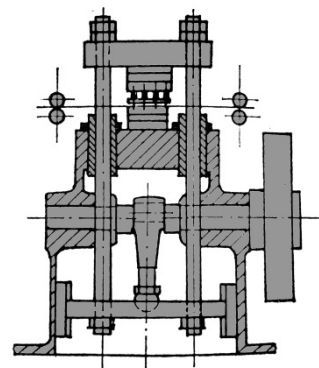
- S horním pohonem
- Se spodním pohonem

#### 4.1.5 Dle směru tvářecí síly

- Tlačné
- Tažné

#### 4.1.6 Dle velikosti jmenovité síly

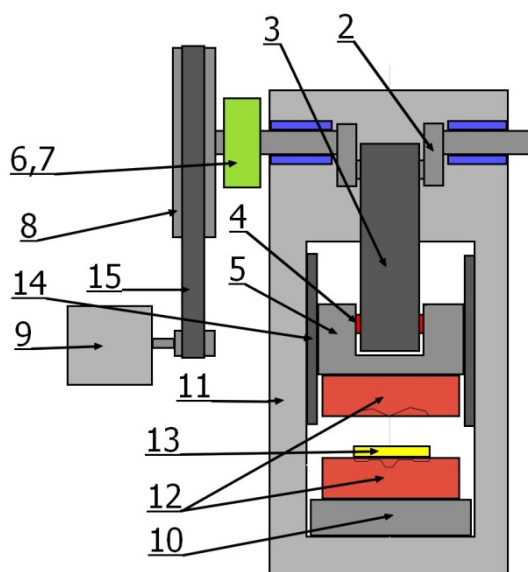
- Lehké ( do 500 kN )
- Střední ( od 500 do 5000 kN )
- Těžké ( přes 5000 kN ).



Obr 15 Lis se spodním pohonem [1]

## 4.2 Základní konstrukční uzly klikových lisů

- 1) Klikový mechanismus
- 2) Klika
- 3) Ojnice
- 4) Čep
- 5) Beran
- 6) Spojka
- 7) Brzda
- 8) Setrvačnick
- 9) Elektromotor
- 10) Stůl
- 11) Stojan (rám)
- 12) Nástroj
- 13) Polotovar
- 14) Vedení beranu
- 15) Převody

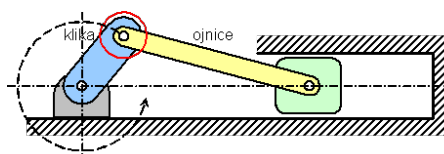


Obr 16 Schéma konstrukčních uzlů klikového lisu

Konstrukčními uzly se myslí hlavní mechanické části, důležité pro správnou funkci stroje.

### 4.2.1 Klikový mechanismus

Klikový mechanismus se skládá z kliky, ojnice a beranu. Jeho funkcí je, že převádí otáčivý pohyb kliky přes ojnici na posuvný vratný pohyb beranu. A převádí pohybovou energii (otáčivý moment na sílu) ze setrvačnicku přes spojku, kliku a ojnici do beranu lisu.



Obr 17 Schéma klikového mechanismu [13]

### 4.2.2 Klika (klikový hřídel)

Klika klikového mechanismu může mít podobu klikového hřídele, zalomeného hřídele nebo klikového kola. Je to nejdůležitější a nejvíce namáhaná součást stroje. Svoji výstředností ovlivňuje výšku zdvihu beranu.

### 4.2.3 Ojnice

Ojnice přenáší sílu z kliky na beran, může být provedena jako dělená nebo celistvá, s regulovatelnou nebo pevnou délkou, délka ojnice určuje sevření nástroje. Počet ojníc ve stroji určuje počet tlačných bodů lisu.

### 4.2.4 Čep

Čep spojuje ojnici s beranem. Pro lehké a střední stroje se používá kulový čep a pro těžké stroje válcový čep.

### 4.2.5 Beran

Beran přenáší sílu z klikového mechanismu na nástroj a ten pak na polotovar. Pohybuje se přímočarým vratným pohybem ve vedení stojanu stroje. Je požadována velká tuhost v tlaku a ohybu, malá hmotnost a přesné vedení k zajištění vzájemné polohy obou nástrojů.

#### **4.2.6 Spojka**

Spojka spojuje klikový mechanismus s pohonem (setrvačником). Používá se třecí lamelová spojka, která je spřažena s funkcí brzdy a je ovládána pneumaticky. Jsou kladeny velké nároky na spolehlivost funkce spojení/rozpojení a čas spojení/rozpojení by měl být co nejkratší. Na spojce závisí bezpečnost stroje.

#### **4.2.7 Brzda**

Brzda zastavuje kliku v horní poloze. Stejně jako brzda se používá třecí lamelová spojka a jsou na ní kladené stejné požadavky jako na brzdu.

#### **4.2.8 Setrvačnick**

Setrvačnick plní funkci akumulátoru kinetické energie. Pomocí motoru se setrvačnick plynule roztočí a pomocí spojky v krátkém okamžiku předá energii klikovému mechanismu a ten polotovaru.

#### **4.2.9 Elektromotor**

Dodává potřebnou práci pro funkci stroje. Z motoru se přes klínové řemeny přenáší točivá energie na setrvačnick a ten, když je potřeba, jí předá klikovému mechanismu.

#### **4.2.10 Stůl**

Působí proti síle beranu přes nástroj a polotovar. Je pevně spojen s rámem stroje. Je požadována velká tuhost v tlaku a rovnoběžná poloha s beranem. Ke stolu se upevňuje druhá část nástroje.

#### **4.2.11 Stojan (rám)**

Stojan uzavírá tok energie přenášený mechanismem na polotovar. Je požadována velká tuhost, minimální hmotnost, útlum vibrací, dobrý přístup k polotovaru a odvod odpadu.

#### **4.2.12 Nástroj**

Nástroj určuje, jaká tvářecí operace se bude na lisu provádět a podle toho je navrhován (stříhání, plošné tváření, nebo objemové tváření atd.). Je obvykle tvořen dvěmi základními částmi - jednou spojenou s beranem a druhou se stolem klikového lisu.

#### **4.2.13 Polotovar**

Polotovar je kus materiálu, který se zpracovává klikovým lisem ve výsledný produkt, který je pak dle tvářecí operace nazýván pro: kování- výkovek, stříhání- výstřižek, tažení- výtazek atd..

#### **4.2.14 Vedení beranu**

Vedení beranu zajišťuje polohu beranu vůči stolu a tak i horní části nástroje vůči spodní. Přesnost vedení je důležitá pro přesné dosednutí nástrojů a přenos sil z nástroje na polotovar.

#### **4.2.15 Převody**

Převody umožňují přenášení točivého momentu z motoru na setrvačnick při rozdílných otáčkách. Převod u klikového lisu může být realizován pomocí řemene a řemenice nebo ozubenými koly se šípovým ozubením.

### 4.3 Specifikace požadavků na klikové lisy

- 1) Požadavky z hlediska jakosti práce
- 2) Požadavky z hlediska výkonnosti stroje
- 3) Požadavky z hlediska vztahu člověka ke stroji

Požadavky které klademe na klikové lisy souvisí s tím, co od stroje očekáváme z hlediska jakosti práce, výkonnosti stroje, ergonomie, technologie a ceny stroje.

#### 4.3.1 Požadavky z hlediska jakosti práce

Jakostí práce se v tomto případě myslí přesnost rozměrů, tvaru ploch výtvarku a jejich vzájemná poloha. Na tyto parametry má vliv: přesnost výroby, tuhost, dynamické chování, tepelné chování a opotřebení.

##### 1) Přesnost výroby

Přesnost výroby je ovlivněna: přesností vedení beranu, geometrickou přesností činných ploch nástroje, vlastnostmi výchozího polotovaru a technologickými vlivy.

##### 2) Tuhost

Tuhost ovlivňují jednotlivé tuhosti nástroje, pracovního prostoru a tvářeného objektu.

##### 3) Dynamické chování

Dynamické chování způsobuje prostorově orientovaná tvářecí síla, která vyvolává pružné deformace v souřadných osách a natočení v příslušných rovinách.

##### 4) Tepelné chování

Tepelným chování se rozumí změna rozměrů vlivem teploty a to buď přímým u tváření za tepla, nebo nepřímým u tváření za studena. Při tváření za studena nárůst teploty způsobují brzdy, spojky, ložiska, vedení a agregáty.

##### 5) Opotřebení

Opotřebením můžeme rozumět opotřebení z hlediska nástroje nebo stroje. To má poté vliv na přesnost, tuhost a tepelné namáhání.

#### 4.3.2 Požadavky z hlediska výkonnosti stroje

Výkonností stroje se myslí velikost tvářené plochy, množství přemístěného objemu materiálu a nebo velikost střížné plochy a to za čas jednoho pracovního cyklu v závislosti na druhu tvářecího pochodu. Je závislá na stupni automatizace, pružnosti systému, spolehlivosti systému a na druhu tvářecího pochodu.

#### 4.3.3 Požadavky z hlediska vztahu člověka ke stroji

Tím myslíme úpravu stroje vzhledem k obsluze a to zajištěním bezpečnosti práce, ergonomie pracoviště a ochrany životního prostředí.



## 5 Technologické použití klikových lisů

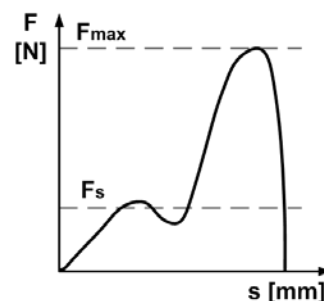
- 1) Ohýbání
- 2) Zápustkové kování
- 3) Mělké tažení
- 4) Ražení
- 5) Protlačování za tepla a za studena
- 6) Stříhání a ostříhování
- 7) Kalibrování

Klikové lisy jsou univerzální a mají širokou možnost uplatnění v mnoha tvářecích operacích za tepla i za studena. Je vhodnější využít stroje jako jednoúčelové na určitou technologickou operaci a to z hospodárných důvodů. Jelikož můžeme vybrat stroj s optimální tvářecí silou pro danou technologickou operaci a tak docílit optimálního využití energie stroje.

**Tvářecí charakteristika** je závislost tvářecí síly na dráze nástroje.

### 5.1 Ohýbání

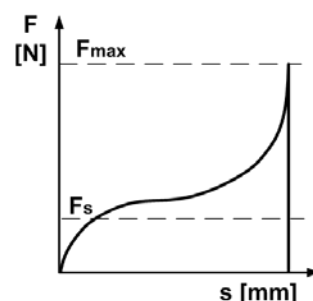
Ohýbání je způsob plošného tváření materiálu působením nástrojů, které silou působící na materiál v něm vyvolají trvalou deformaci a tím ho ohnou do požadovaného úhlu o požadovaném poloměru (zaoblení)



Obr 18 graf t. ch. ohýbání

### 5.2 Zápustkové kování

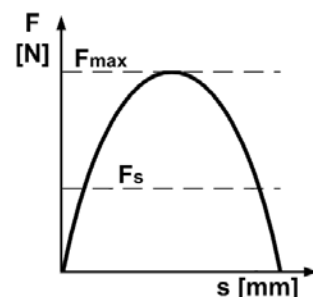
Zápustkové kování je způsob objemového tváření polotovaru, který je stlačován mezi dvěma zápustkami, které mají negativní tvar výsledného výkovku.



Obr 19 graf t. ch. zápustkové kování

### 5.3 Mělké tažení

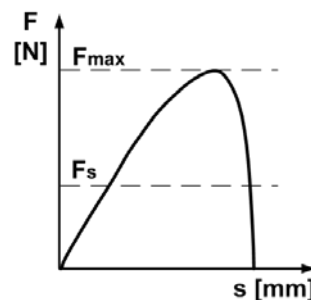
Mělké tažení je způsob tváření plechů, kterým polotovar dosáhne prostorového nerovinného tvaru. Používá se například při výrobě dílů na karosérii automobilů.



Obr 20 graf t. ch. mělké tažení

## 5.4 Ražení

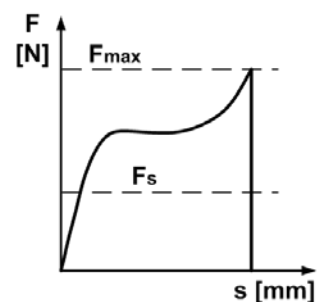
Ražení je podobné zápustkovému kování, ale tváří se zde pouze povrch obrobku a tvar zůstává zachovalý. Vyrábí se takto například mince.



Obr 21 graf t. ch. ražení

## 5.5 Protlačování za tepla a za studena

Protlačování je způsob objemového tváření vlivem působících sil do předem stanoveného směru a tím zajištění výhodných mechanických vlastností a přesného tvaru konečného výrobku.



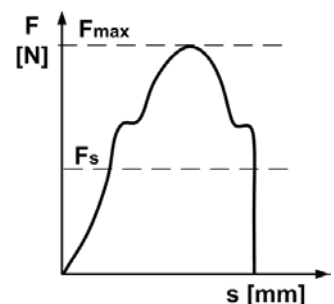
Obr 22 graf t. ch. protlačování

## 5.6 Stříhání a ostříhování

Stříhání je způsob dělení materiálu působením protilehlých řezných hran nástrojů, které v materiálu způsobují smykové napětí používané pro dělení plechů

Ostříhování je stejný způsob dělení materiálu jako stříhání, ale používá se pro oddělování přebytečného materiálu, který vznikl

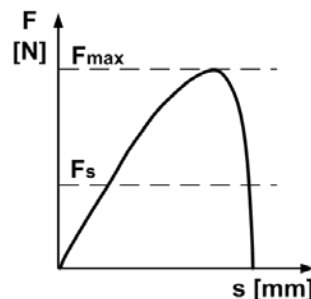
během odlévání na odlitku.



Obr 23 graf t. ch. Stříhání

## 5.7 Kalibrování

Je způsob objemového tváření v zápustkách, které dodá výkovku požadovanou přesnost. Kalibrování má stejnou tvářecí charakteristiku jako ražení.



Obr 24 graf t. ch. kalibrování

## 6 Mechanizace

- 1) Základní rozdělení stupňů mechanizace
- 2) Mechanizace výměny nástroje
- 3) Mechanizace výměny polotovaru
- 4) Výrobní linka

Je způsob usnadnění fyzicky namáhavé práce při manipulaci s polotovarem nebo při výměně nástrojů. Čímž dosáhneme lepšího využití strojního času, zvýšení bezpečnosti práce a usnadnění práce obsluhy stroje. A to použitím skluzů, válečkových podavačů, výsuvných stolů, jeřábů, manipulátorů atd.

### 6.1 Základní rozdělení stupňů mechanizace

- 1) Ruční
- 2) Částečná mechanizace
- 3) Plná mechanizace
- 4) Částečná automatizace
- 5) Úplná automatizace

#### 6.1.1 Ruční

Nepoužívá se žádné dopravní a řídicí zařízení.

Manipulaci s polotovarem provádí člověk, stejně tak jako ovládání stroje.

#### 6.1.2 Částečná mechanizace

K ulehčení dopravy člověk používá pomocné pasivní dopravní prostředky (vozíky, válečkové tratě, zdviháky, jeřáby s ručním pohonem).

Stroj je řízen člověkem.

#### 6.1.3 Plná mechanizace

K ulehčení dopravy člověk používá pomocné aktivní dopravní prostředky (motoricky poháněné jeřáby, poháněné válečkové tratě, regálové zakladače, pásové, článkové, podvěsné dopravníky).

Řízení člověku usnadňují: obslužné panely, ukazatele stavu a kontrolní přístroje.

#### 6.1.4 Částečná automatizace

K ulehčení dopravy člověk používá stejné pomocné aktivní dopravní prostředky jako u plné mechanizace, ale manipulační zařízení jsou vybavena automatizovanými prostředky pro uchopení břemene (mechanické, magnetické, vzduchové).

Řízení je prováděno z části automaticky (dojíždění do stanoveného místa, upínací cyklus atd.) a částečně člověkem.

#### 6.1.5 Úplná automatizace

K přepravě jsou použita stejná zařízení jako u částečné automatizace, ale jsou ovládána automaticky bez zásahu člověka počítačem.

Řízení je plně automatické od vstupu po výstup není potřeba zásah člověka.

## 6.2 Mechanizace výměny Nástroje

- 1) Odnímatelné konzoly
- 2) Dopravní lišty
- 3) Vyjíždějící stoly
- 4) Upínací elementy
- 5) Vozíky
- 6) Jeřáby

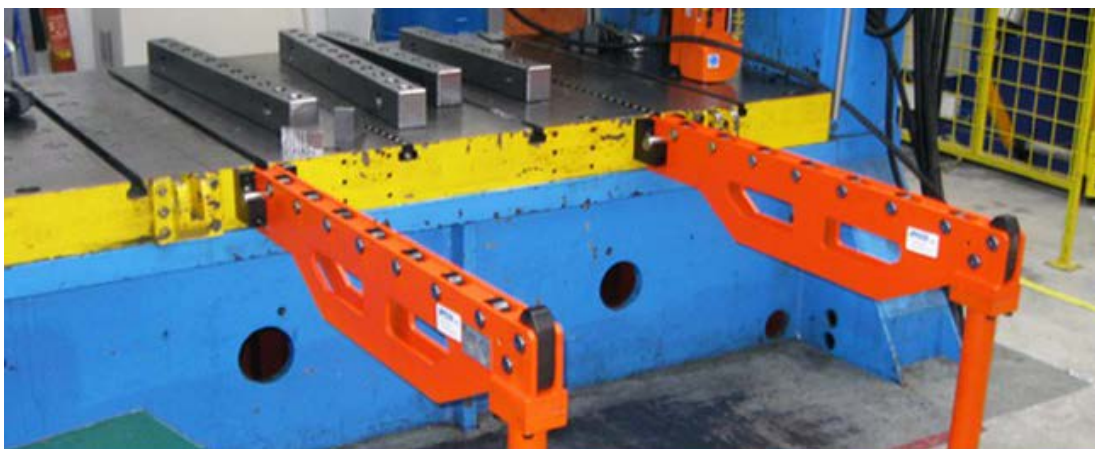
Mechanizovaná výměna nástrojů snižuje fyzicky namáhavou práci nutnou při ruční výměně nástrojů, zkracuje čas výměny a zvyšuje bezpečnost práce.

### 6.2.1 Odnímatelné konzoly

Na odnímatelné konzoly je možno umístit nástroj pomocí jeřábu nebo jiného manipulátoru a ten po konzolách zasunout do správné pozice v pracovním prostoru lisu.



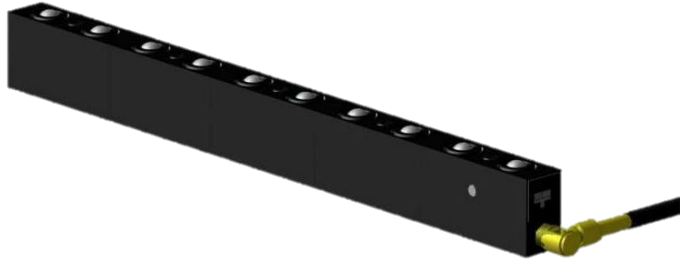
Obr 25 Rolovací konzola letmá Güthle [14]



Obr 26 Rolovací konzola s podpěrnou nohou Güthle [14]

### 6.2.2 Dopravní lišty

Dopravní lišty obsahují valivé elementy, jako jsou kuličky a válečky, které snižují tření a ulehčují manipulaci.



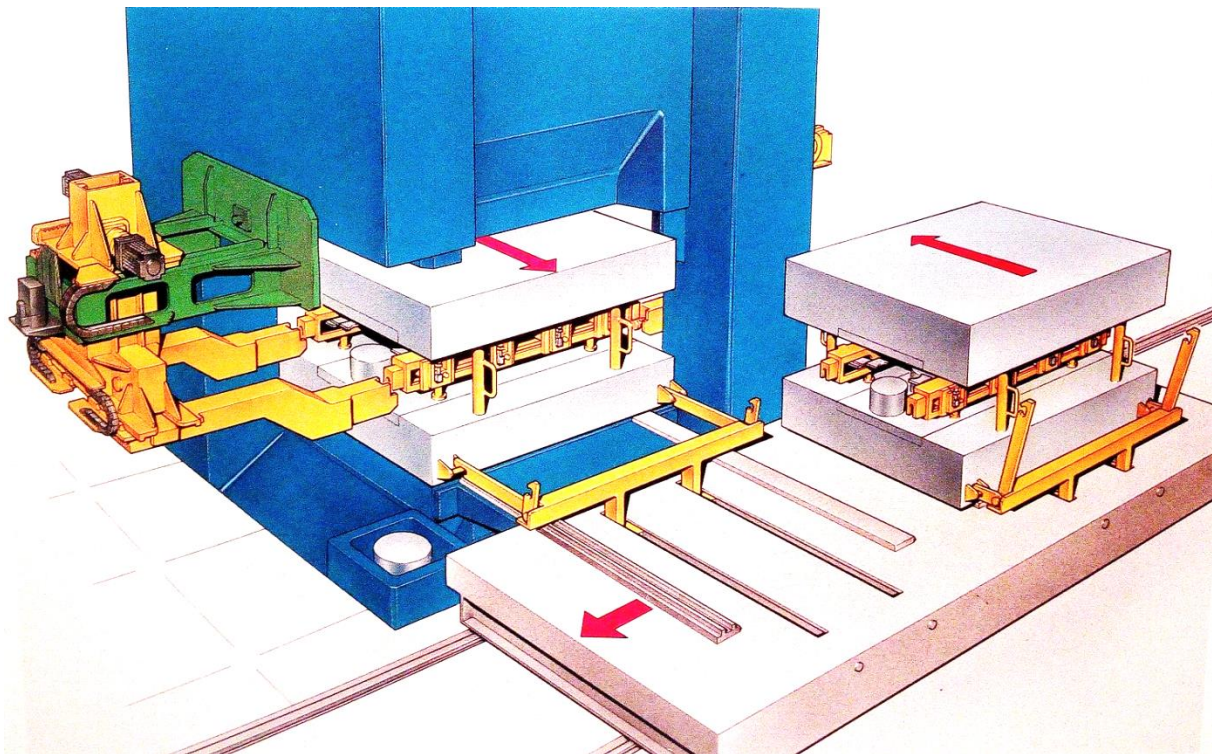
Obr 28 pneumaticky ovládaná dopravní lišta [14]



Obr 27 Kuličkový dopravník [15]

### 6.2.3 Vyjízďející stoly

Tyto stoly se používají u velkých lisů s velkými a hmotnými nástroji. Stoly se pohybují po kolejích a vyjízďejí v požadovaném směru ven z pracovního prostoru stroje na kolejový vozík, na kterém dojde k výměně nástroje.



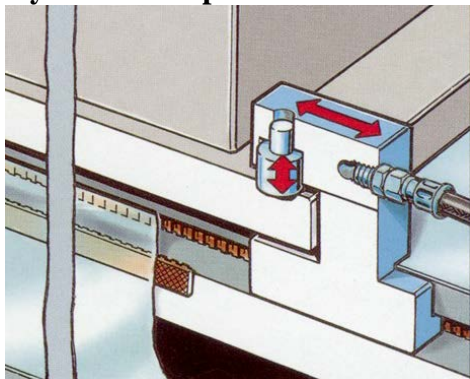
Obr 29 schéma vyjízďejícího stolu firmy Schuller [16]



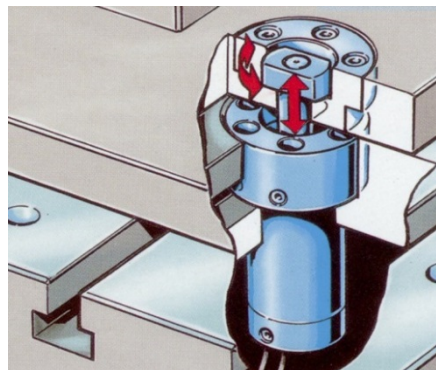
## 6.2.4 Upínací elementy

U klikových lisů se používají mechanické a hydraulické upínací elementy.

### Hydraulické upínače



Obr 30 hydraulický upínač plošný DUNKES [4]



Obr 31 hydraulický upínač zámkový DUNKES [4]



Obr 32 hydraulický upínač [14]

## 6.2.5 Vozíky

Používají se pro výměnu velkých nástrojů, u kterých by jiná manipulace nebyla dostatečně přesná.

- Kolejové
- Volné



Obr 33 kolejový vozík Güthle [14]



Obr 34 volný vozík Güthle [14]

### 6.2.6 Jeřáby

Používají se pro manipulaci s nástrojem, který se následně ručně ustaví do přesné polohy.



Obr 35 sloupový jeřáb Demag [17]

## 6.3 Mechanizace výměny polotovaru

- 1) Polotovar v podobě jednotlivých kusů
- 2) Polotovar v podobě drátů a tyčí
- 3) Polotovar v podobě plechů

Správně navržená manipulace s materiálem je důležitá, jelikož ovlivňuje produktivitu práce, výrobní časy, odstraňuje namáhavou práci obsluhy, snižuje výrobní náklady, umožňuje lepší využití strojů a zvýšení objemu výroby.

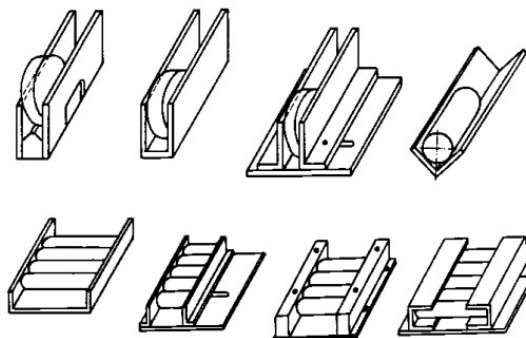
### 6.3.1 Polotovar v podobě jednotlivých kusů

Mechanizace manipulace s kusovým polotovarem je navrhována dle jeho tvaru a možnosti uchopení a ustavení do pracovního prostoru.

Příklady jednotlivých druhů podavačů:

- **Sklužné podavače**

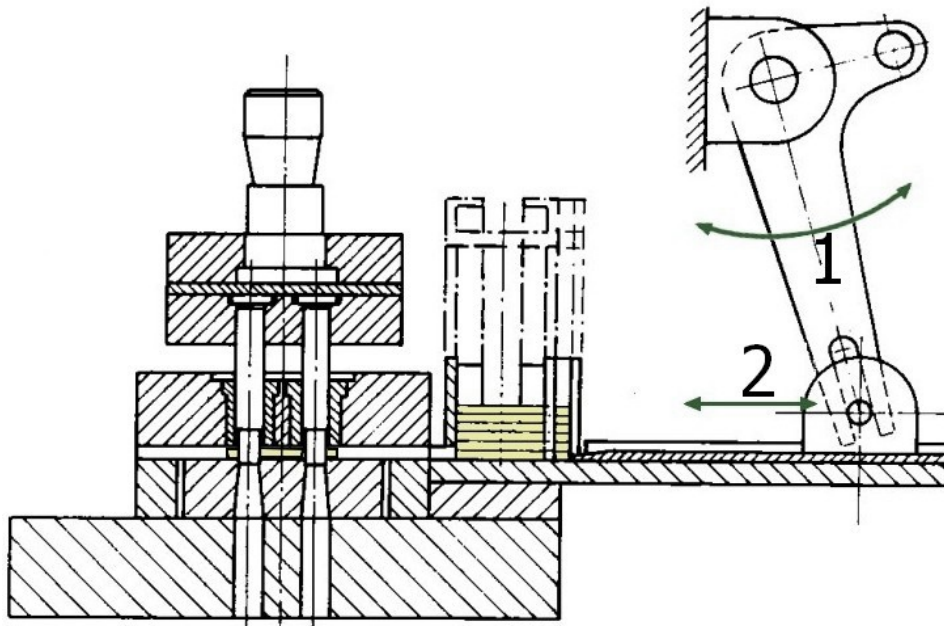
Skluzy se ustavují ve sklonu a materiál se po nich pohybuje vlivem vlastní tíhy.



Obr 36 Schéma principů skluzných podavačů [3]

- **Kulisový podavač (s pravítkem)**

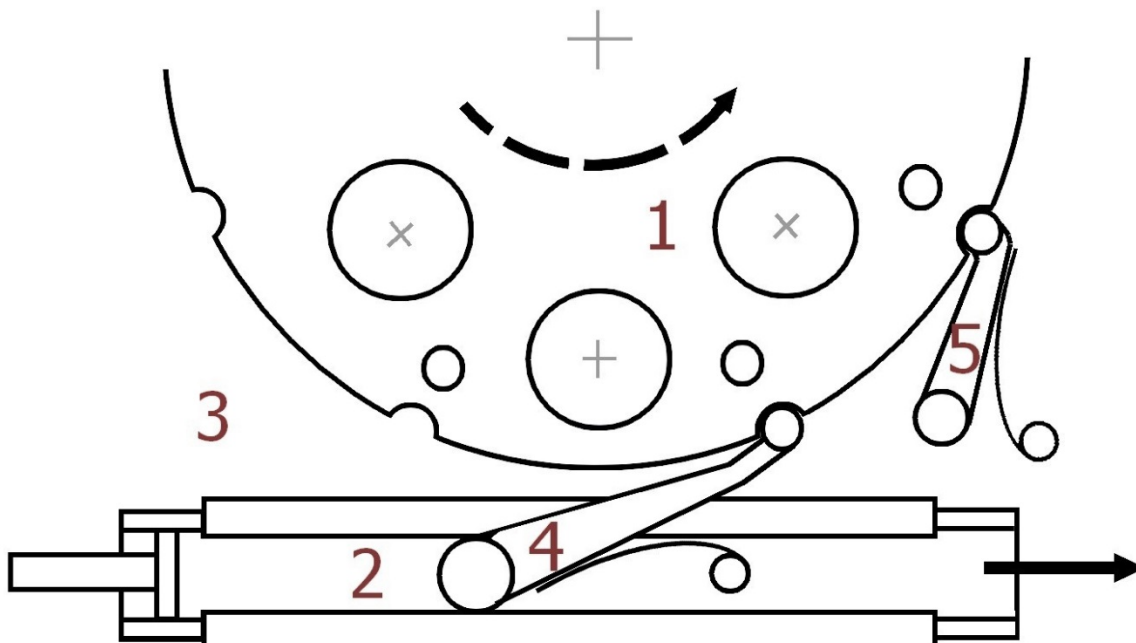
Rameno páky(1) koná kývavý pohyb odvozený od pohybu klikového hřídele lisu. Posouvá pravítkem(2), které ze zásobníku právě odděluje jeden kus polotovaru a zasouvá ho do pracovního prostoru lisu.



Obr 37 Podavač drobných výstřižků do střížného nástroje [3]

- **Revolverový podavač**

Kulisa(2) koná posuvný vratný pohyb, při pohybu vpřed přes páku(4) otočí revolverem(1) o daný úhel. Při zpětném pohybu kulisy zadržuje páka(5) revolver(1) v dané poloze.

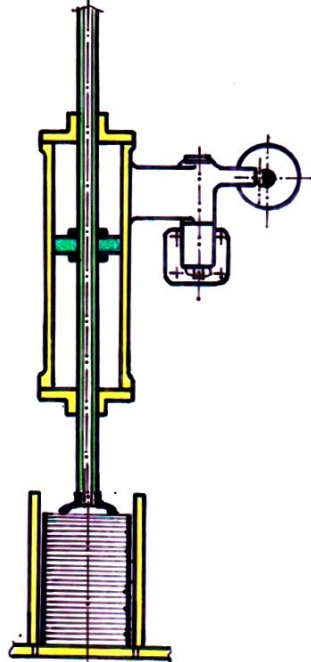


Obr 38 Schéma mechanismu revolverového podavače



- **Savkový podavač**

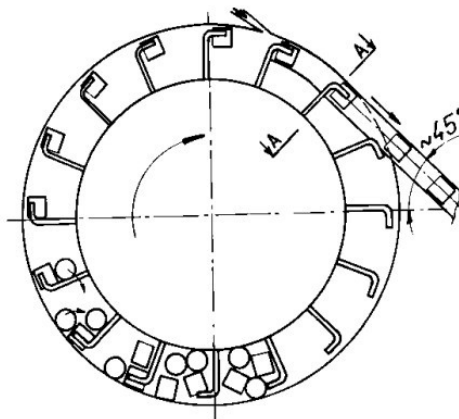
Používá se na ploché a těžko uchopitelné polotovary. Podavač se savkou přimáčkne k polotovaru, vysaje vzduch a tím polotovar uchopí. Následně pomocí pístu polotovar zvedne a přesune na určené místo.



Obr 39 Schéma savkového podavače [4]

- **Háčkový podavač**

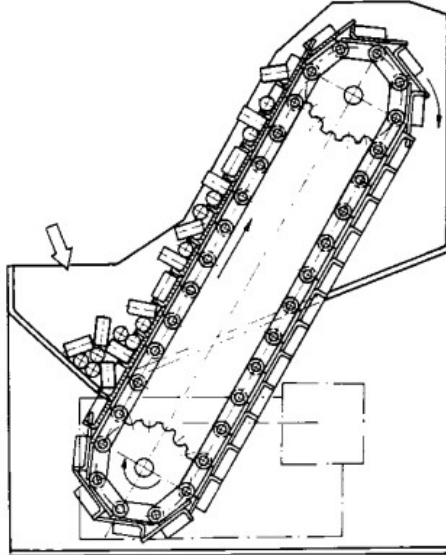
Háčkový podavač se používá pro podávání dutých válcových výtažků. Háčky na obvodu kola jsou tvarem a velikostí přizpůsobeny podávanému polotovaru. Polotovary jsou ve spodní části násypky, kde je nabírají háčky, které je dopraví do horní části. V horní části jsou výtažky zasouvány do trubky s výřezem.



Obr 40 Háčkový podavač s násypkou [3]

- **Korečkový podavač**

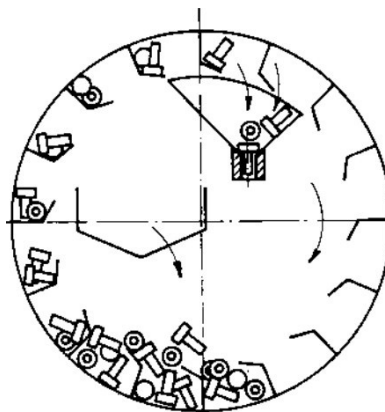
Korečkový podavač se používá pro podávání polotovarů pro objemové tváření. Korečky nabírají polotovary ve spodní části zásobníku a dopravují je do horní části, kde se otevře boční strana korečků a polotovary sklouznou do skluzu.



Obr 41 Korečkový zásobníkový podavač špalíků [3]

- **Bubnový rotační podavač**

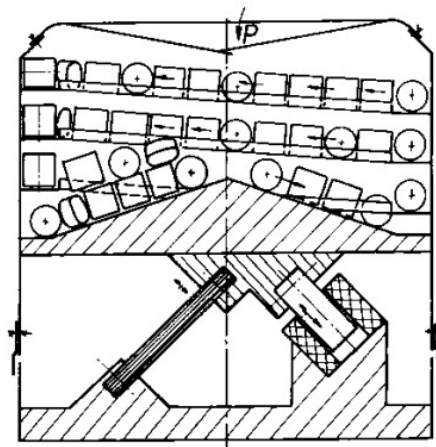
Bubnový rotační podavač se používá pro podávání šroubů. Šrouby skluzem padají do otáčejícího se bubnu, který je vynáší vzhůru a následně padají do skluzu mezi dva plechy, kde se orientují hlavou vzhůru.



Obr 42 Bubnový rotační podavač [3]

- **Bubnový vibrační podavač**

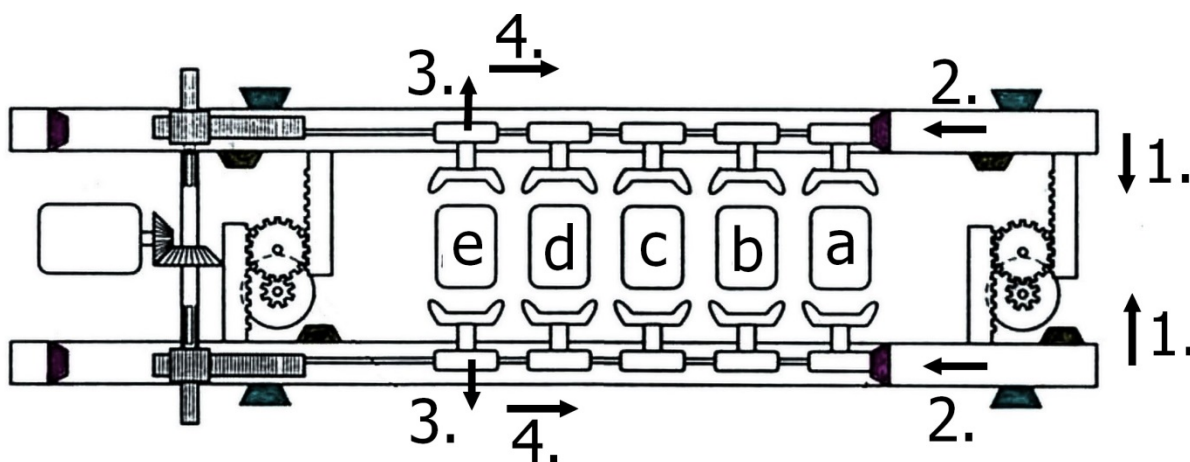
Pro podávání špalíků má po obvodě drážku ve tvaru šroubovice. Vlivem vibračního pohybu se špalíky po šroubovici posouvají nahoru a orientují se do požadovaného směru.



Obr 43 Bubnový vibrační podavač [3]

- **Sáňkový podavač**

Slouží pro postupové tvářecí operace. Prvním pohybem 1. čelisti uchopí polotovar, následně přesunou 2. do další polohy. Čelisti uvolní polotovar 3. a vrátí se 4. do původní polohy.



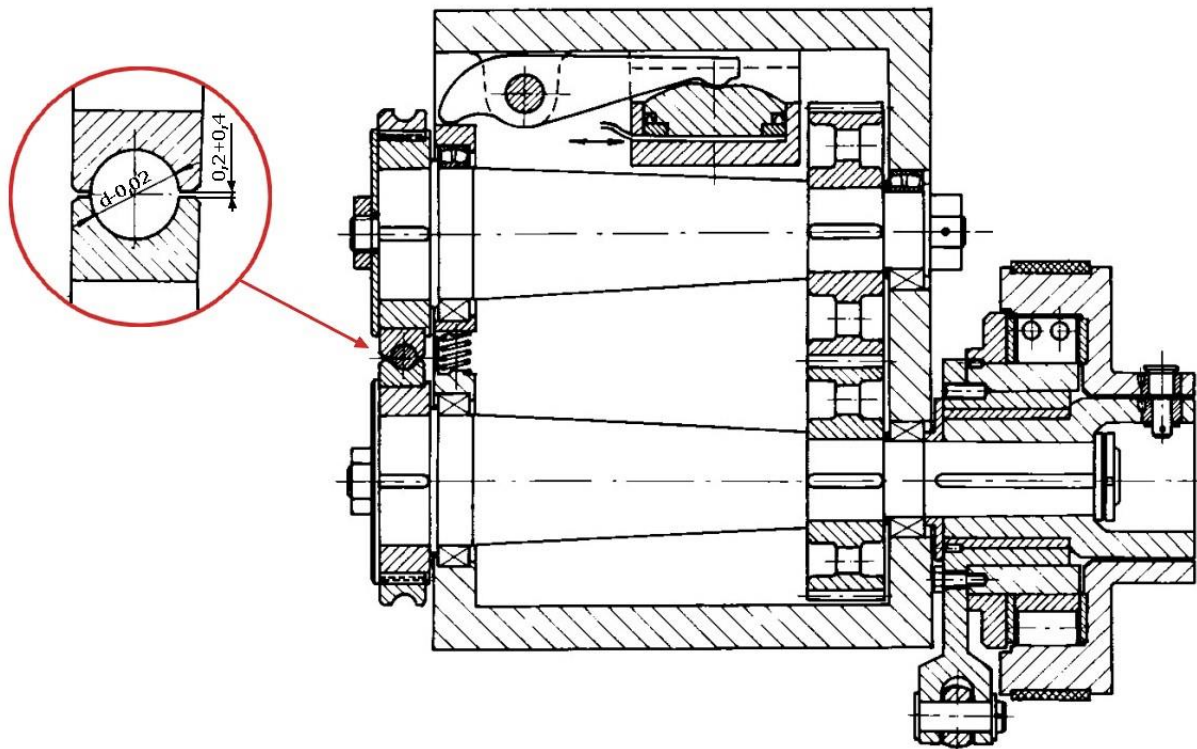
Obr 44 Sáňkový čelist'ový podavač [4]

### 6.3.2 Polotovar v podobě drátů a tyčí

- **Kotoučový podavač drátů**

Dráty se podávají kotoučovým podavačem, který se skládá ze dvou kotoučů otáčejících se proti sobě stejnou rychlostí .

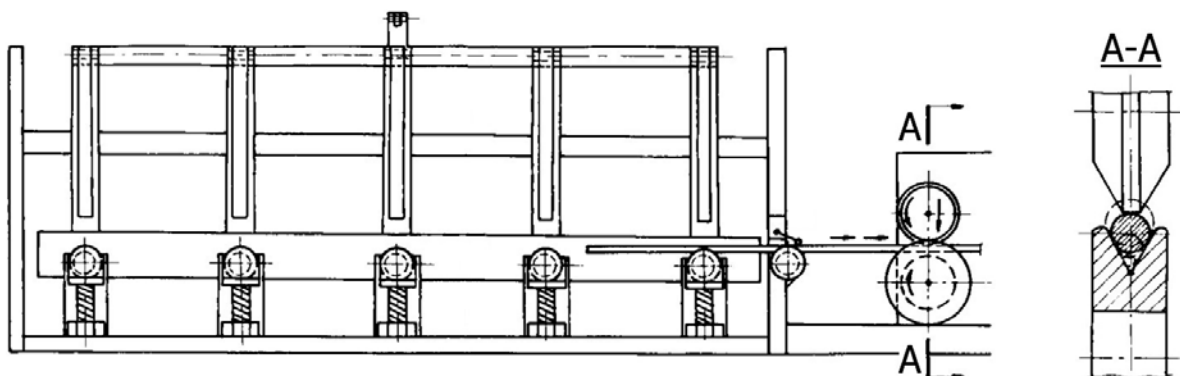
Kotouče mají po obvodu drážku, která přesně obepíná drát s přesahem 0,02mm a jsou přitlačovány k sobě pružinou nebo pneumaticky, tím se docílí minimálního prokluzu.



Obr 45 Kotoučový podavač drátu [3]

- **Podavač tyčí s prizmatickými kotouči**

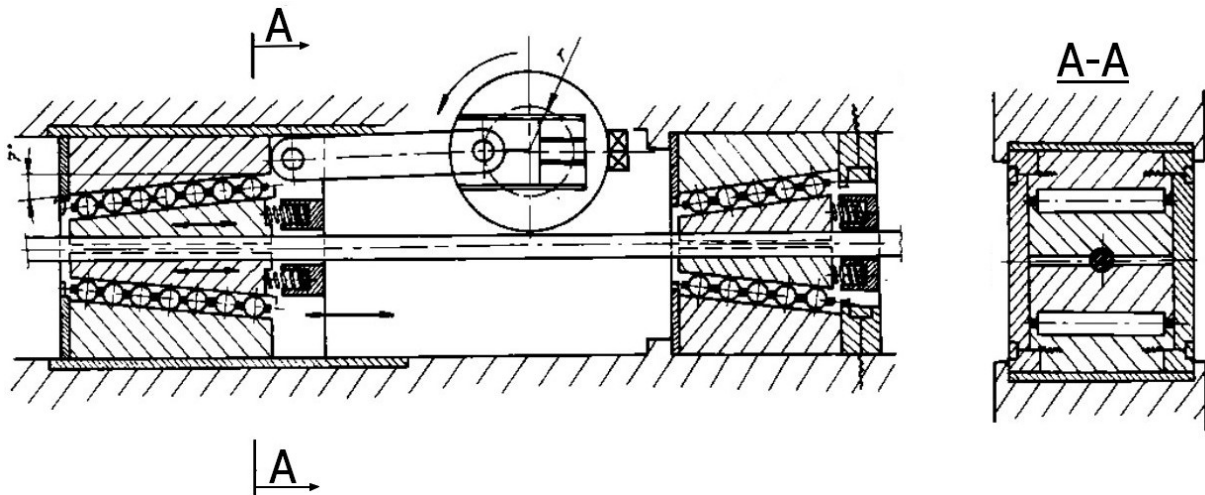
Podavač je tvořen dvěma kotouči, jeden s prizmatickou drážkou a druhý přitlačný šípový. Kotouče se proti sobě odvalují a posouvají tyčový polotovar.



Obr 46 Podavač tyčí s prizmatickými kotouči [3]

- **Kleštinový podavač tyčí**

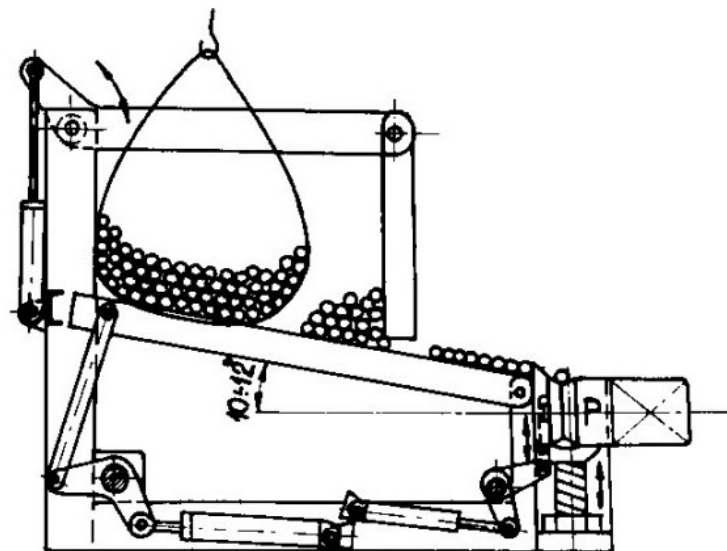
Kleštinový podavač tyčí se používá pro protlačování tyčí skrz kalibrační průvlek. Podavač se skládá z vozíku, který přes válečky přitlačuje kleštiny k tyči, která se pohybuje společně s vozíkem ve směru vpřed. Při zpětném pohybu kleštiny se povolí sevření tyče a kleština se po tyči posune.



Obr 47 Kleštinový podavač tyčí [3]

- **Rošt podavače tyčí**

Rošt se používá jako zásobník tyčí pro podavače.



Obr 48 Rošt podavače tyčí [3]

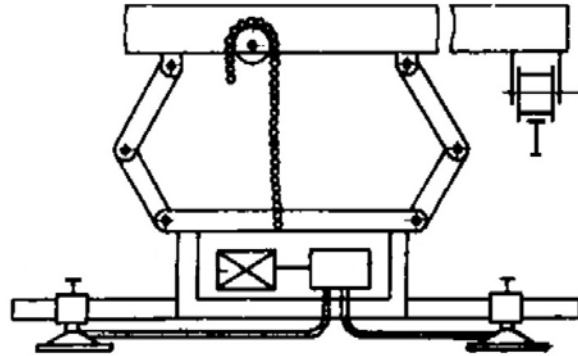
### 6.3.3 Polotovary v podobě plechů

- Tabule plechu
- Svitky plechu

- **Polotovary v podobě tabulí plechu**

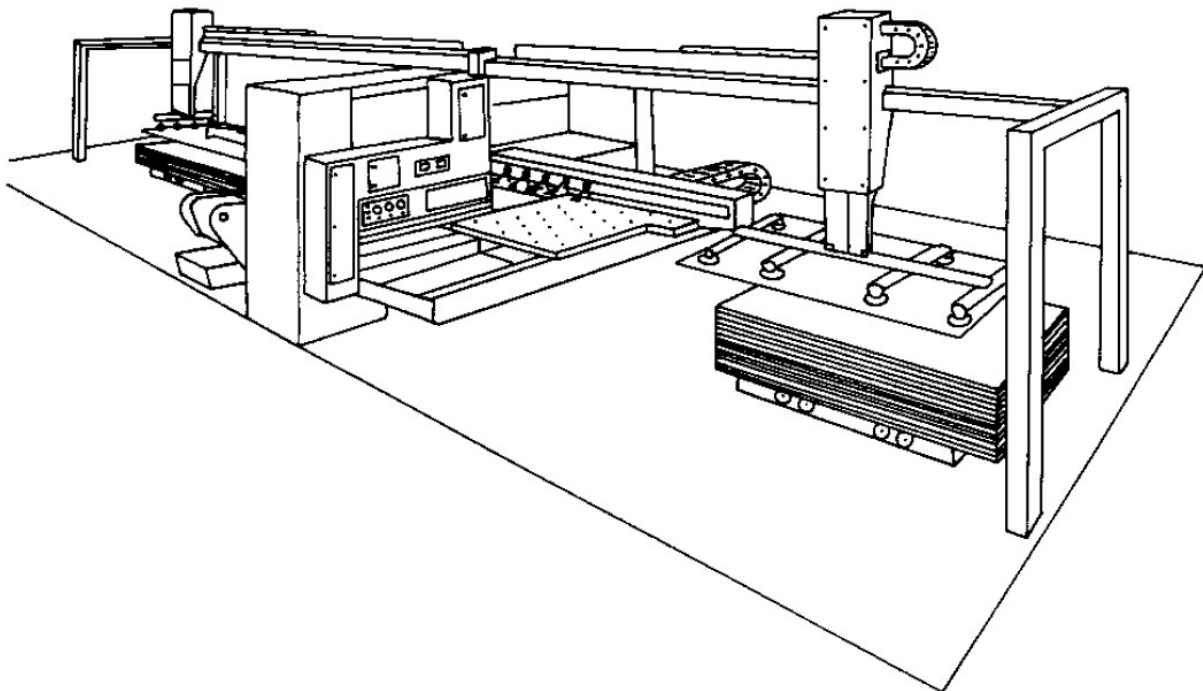
Je z důvodu špatné uchopitelnosti většinou podáván pomocí savkového zařízení popřípadě stolů s kuličkami, pásovým dopravníkem atd.

- **Savkový podavač**



Obr 49 Mechanizované savkové zařízení [3]

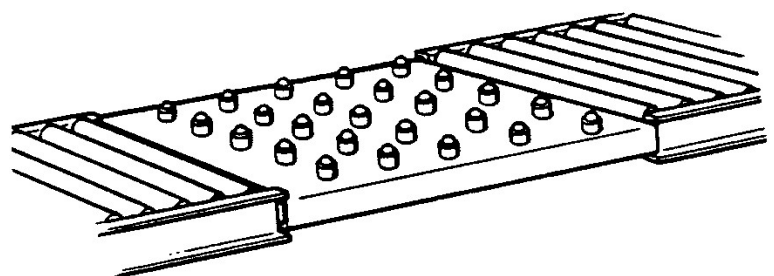
- **Zařazení savkového podavače v lince**



Obr 50 Podávání tabulí plechu do stroje pomocí savkového zařízení [3]

- **Kuličkový stůl**

Používá se pro snazší manipulaci a polohování polotovaru.



Obr 51 Kombinovaný kuličkový a válečkový dopravník [18]

- **Polotovary v podobě svitků plechu**

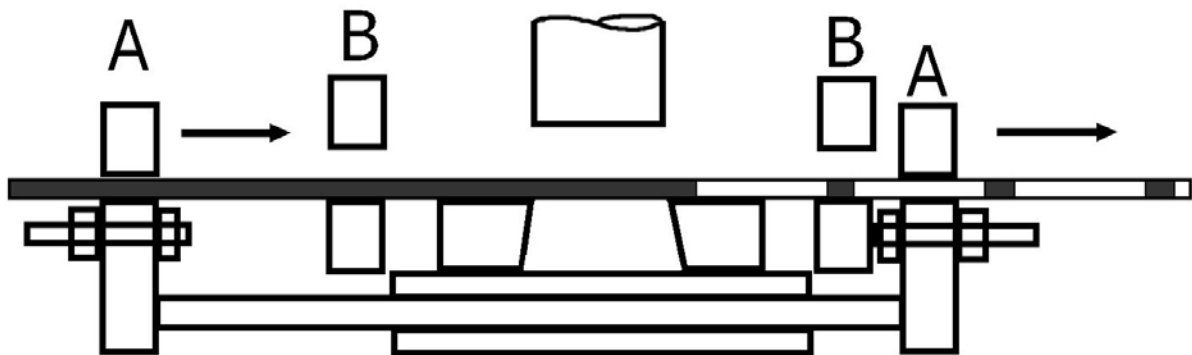
Polotovary dodávané v podobě svitků je ekonomicky nejvýhodnějším polotovarem. Svitek je odebrán z odvíječky, může procházet skrz rovnačku plechů a je dodáván podávacím zařízením do pracovního prostoru lisu.

Funkce podavače:

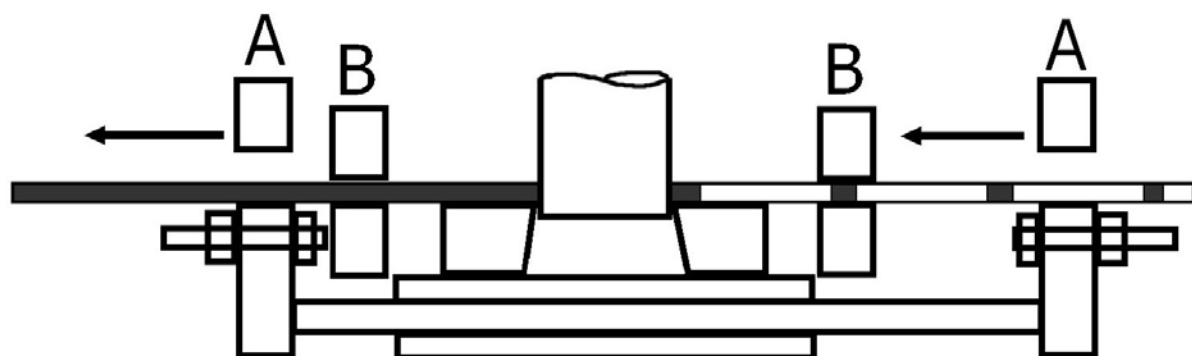
Základní funkcí je podávání po přítržích. Podavače musí zajišťovat: přísun, uspořádání, polohování a odsun materiálu.

- **Čelistový podavač**

Pracuje tak, že v prvním kroku (poloha 1) podávací čelisti A sevrou plech a poté plech posunou o danou vzdálenost. Následně (poloha 2) čelisti B uchopí plech, aby čelisti A mohly plech pustit a vrátit se do původní polohy.



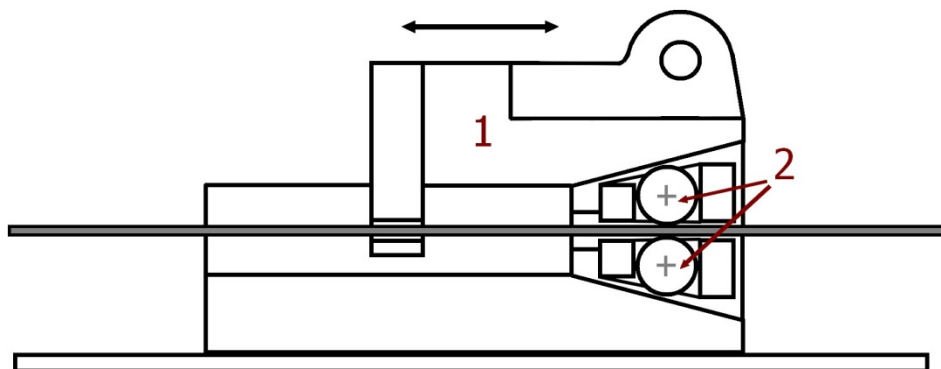
Obr 52 Schéma čelistového podavače plechů (poloha 1)



Obr 53 Schéma čelistového podavače plechů (poloha 2)

– **Kleštinový podavač**

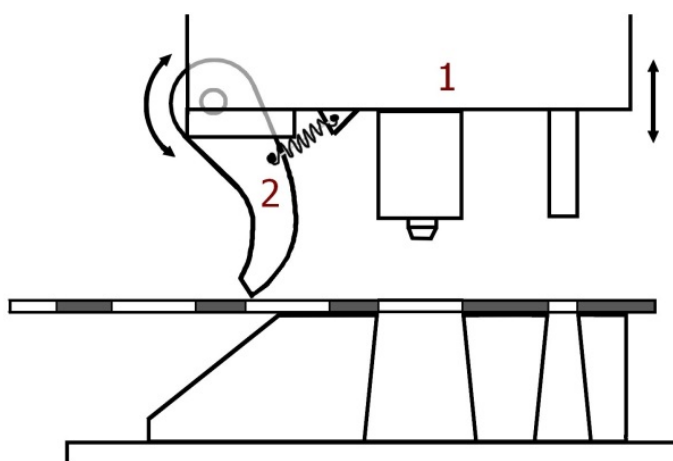
U kleštinového podavače je sevření plechu zajištěno díky šikmým čelistem v pohyblivých saních(1) podavače. Při pohybu vpřed se vlivem tření válečky(2) přitlačí do čelistí a sevřou plech. Při zpětném pohybu je plech automaticky uvolněn.



Obr 54 Schéma kleštinového podavače plechů

– **Pákový podavač**

Pohyb pákového podavače je zajištěn pevným spojením s nástrojem lisu. Při pohybu posuvné části nástroje(1) směrem dolů, páka(2) prochází skrz otvory v plechu a je vychýlena posuvem o šikmou plochu pevné části nástroje. Otvory v plechu jsou vytvořeny střížníkem před podavačem.



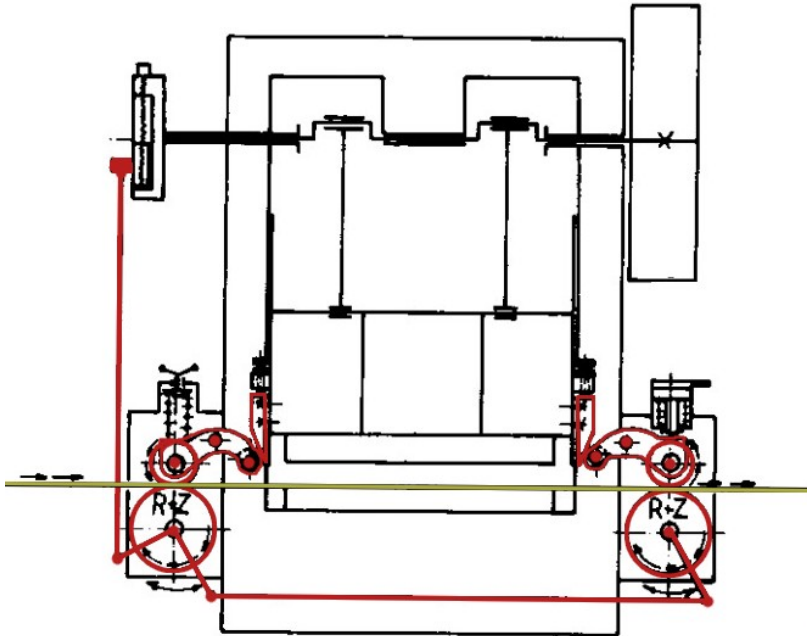
Obr 55 Schéma pákového podavače plechů



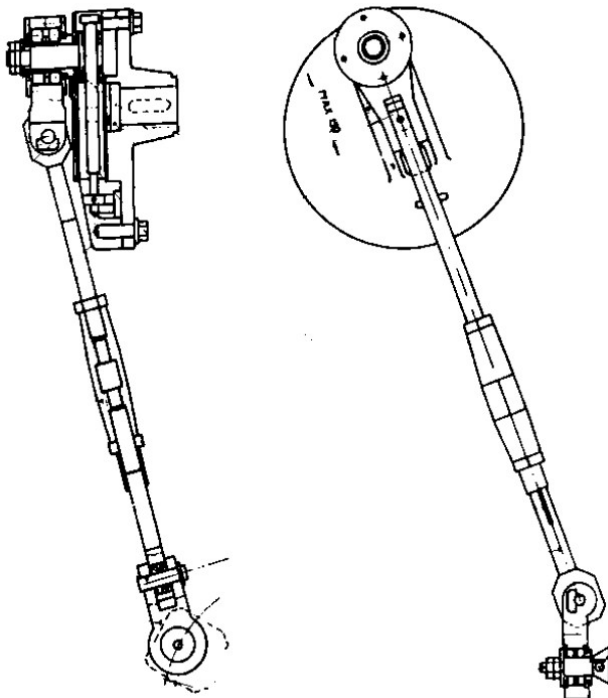
– **Válečkový podavač**

Pohon válečkového podavače může být proveden více způsoby - mechanické spřažení s klikovou hřídelí, nezávislý pohon elektromotorem nebo hydraulický pohon.

Vzhledem k mechanické vazbě mezi pohybem lisu a pohybem válečků je mechanický pohon od lisu přesnější a rychlejší než nezávislé pohony elektromotorem a hydraulikou.



Obr 56 Válečkový podavač s pohonem od kulisy [3]

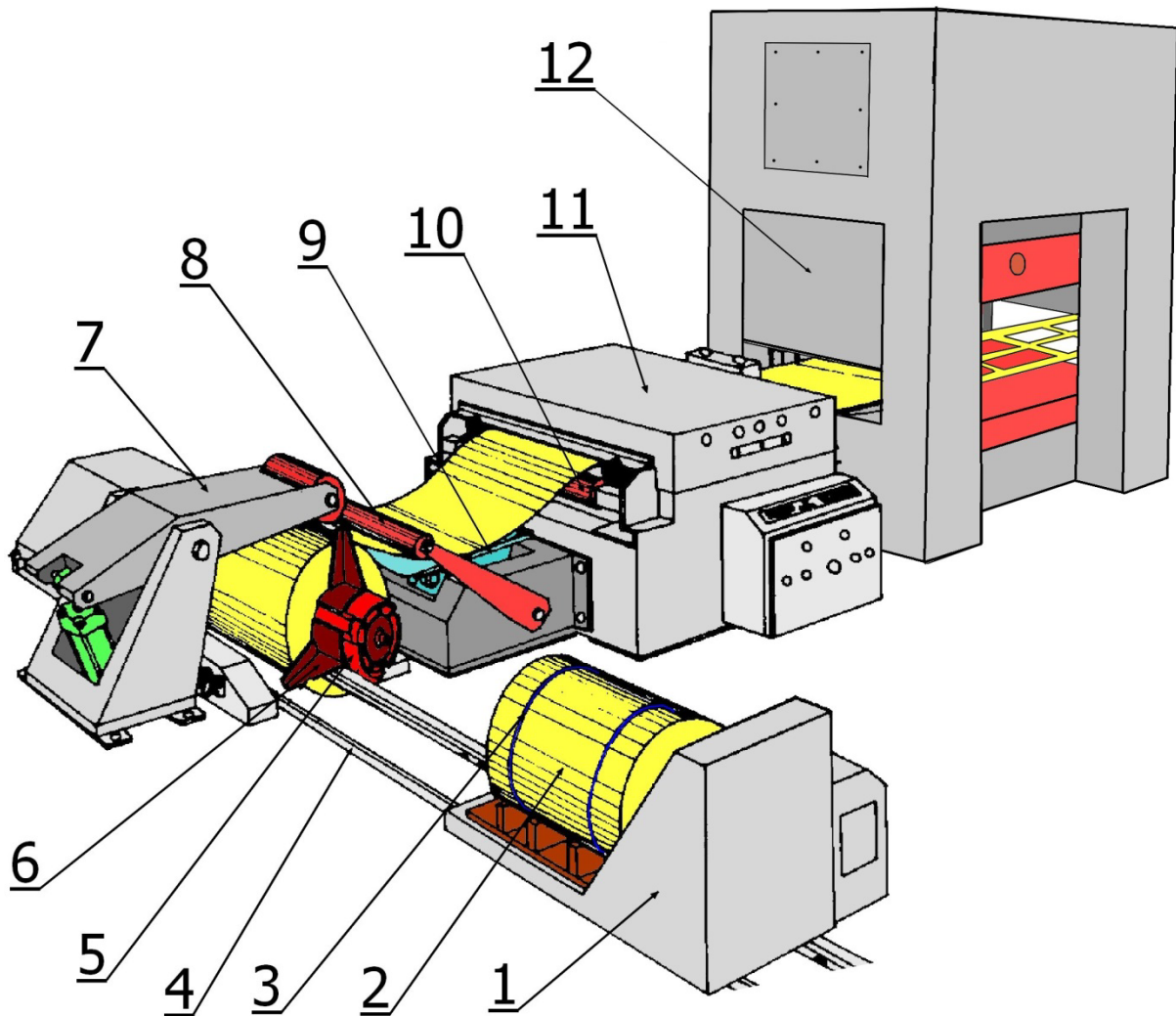


Obr 57 Pohonná jednotka válečkového podavače [3]

## 6.4 výrobní linka

- 1) Schéma možného uspořádání výrobní linky
- 2) Reálná výrobní linka
- 3) Odvíječky plechu
- 4) Rovnačky plechu
- 5) Mazací zařízení

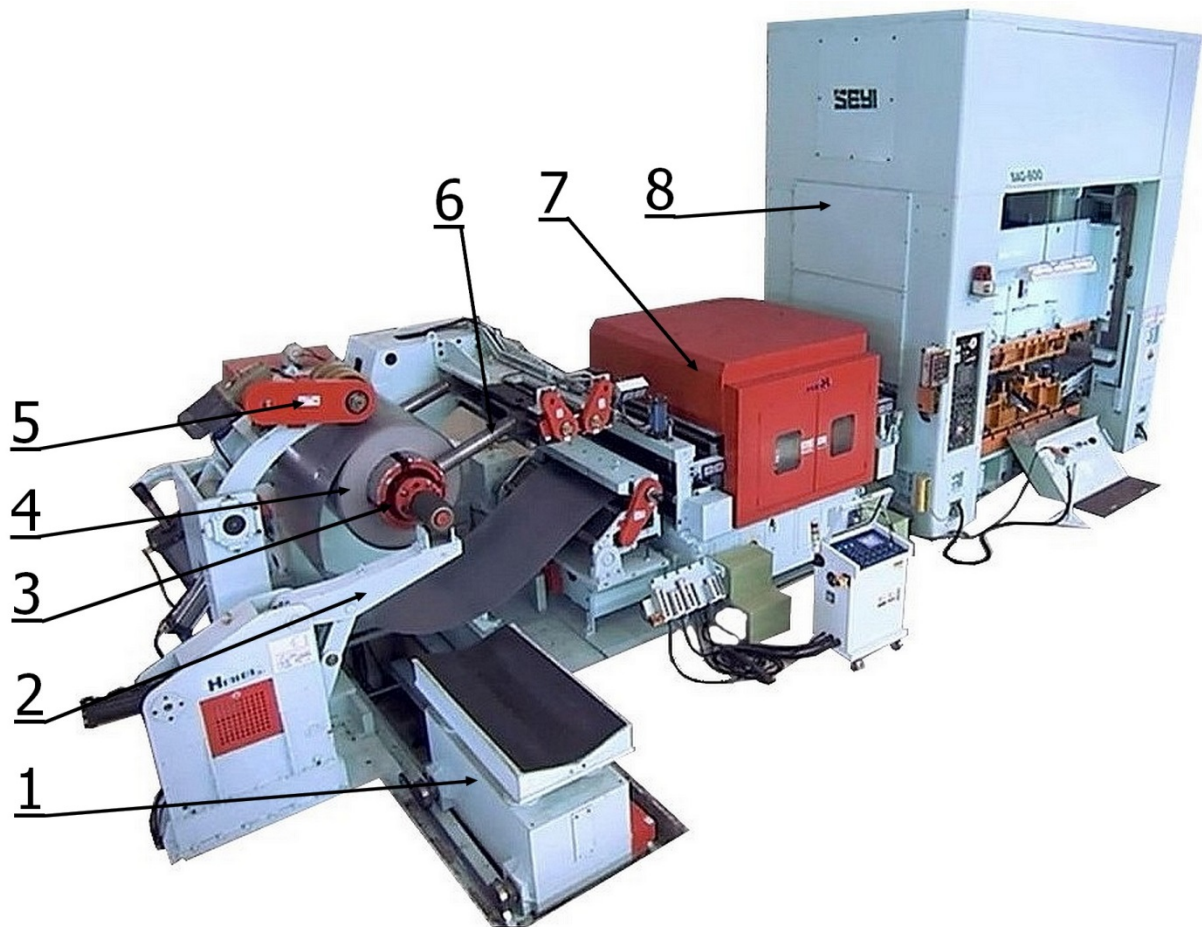
### 6.4.1 Schéma možného uspořádání výrobní linky



Obr 58 Schéma výrobní linky na tváření plechu pomocí klikového lisu

- |                                 |                             |
|---------------------------------|-----------------------------|
| 1) Vozík pro dopravu svitku     | 7) Přidržovač               |
| 2) Svitek plechu                | 8) Rovnací válec            |
| 3) Bandáže svitku               | 9) Naběrací deska           |
| 4) Koleje vozíku                | 10) Podávací válce rovnačky |
| 5) Rozpěrné trny bubnu odvíjáku | 11) Rovnačka plechu         |
| 6) Boční výztuhy                | 12) Klikový lis             |

### 6.4.2 Reálná výrobní linka



Obr 59 Fotografie výrobní linky na tváření plechu pomocí klikového lisu [19]

- 1) Vozík pro dopravu svitku
- 2) Podpěrné rameno
- 3) Rozpěrné trny bubnu odvíjáku
- 4) Svitok plechu
- 5) Přidržovač horní
- 6) Přidržovače boční
- 7) Rovnačka plechu
- 8) Klikový lis

### 6.4.3 Odvíječky plechu

Slouží k odvíjení plechu ze svitku do výrobní linky.

Vytvářejí si smyčku, která je důležitá pro správnou funkci podávacího zařízení, které pracuje **po přítržích** protože během práce nástroje musí být podávány pás v klidu.



Obr 60 Odvíječka svitku plechu [19]

### 6.4.4 Rovnačky plechu

Rovnačky plechu se ve výrobní lince uspořádávají za odvíječku. Pracují tak, že jsou sestaveny z válců přesazených o velikost prohnutí plechu. Plech protahovaný válci je střídavě prohýbán do obou směrů. Přesazení válců se směrem k výstupu z rovnačky zmenšuje tak, aby plech z rovnačky vyšel naprosto rovný.



Obr 61 otevřená rovnačka plechu [20]

### 6.4.5 Mazací zařízení

Mazací zařízení se umísťuje před podávací zařízení. Je složeno z mazacích válců, které jsou opatřeny porézní tkaninou, která dobře přenáší mazivo na plech.



Obr 62 mazací zařízení Eckardt-gmbh [21]



## 7 Návrh pohonu válečkového podavače pro lis Šmeral LENR 25

- 1) Parametry lisu
- 2) Navržený pohon válečkového podavače
- 3) Popis jednotlivých dílů pohonu podavače
- 4) Popis funkce mechanismu podavače

### 7.1 Parametry lisu

Základní technické parametry lisu Šmeral LENR 25

Vyložení	190mm
Průchod	220mm
Pracovní plocha stolu	530x370 mm
Jmenovitá tvářecí síla	250 kN
Tvářecí práce při jednotlivých zdvizích	400 N/m
Tvářecí práce při trvalém běhu	200 N/m
Maximální tloušťka stříhaného plechu o pevnosti 400 N/mm <sup>2</sup>	při jednotlivých zdvizích 3,2mm při trvalém běhu 1,6mm
Zdvih beranu	8 - 80 mm
Počet zdvihů beranu za minutu	120/min
Možnost naklopení stojanu o úhel	0° - 30°
Výkon elektromotoru	2,2 kW
Rozměry lisu	Š 850 mm; D 1400 mm; V 1945 mm
Váha lisu	1400 kg

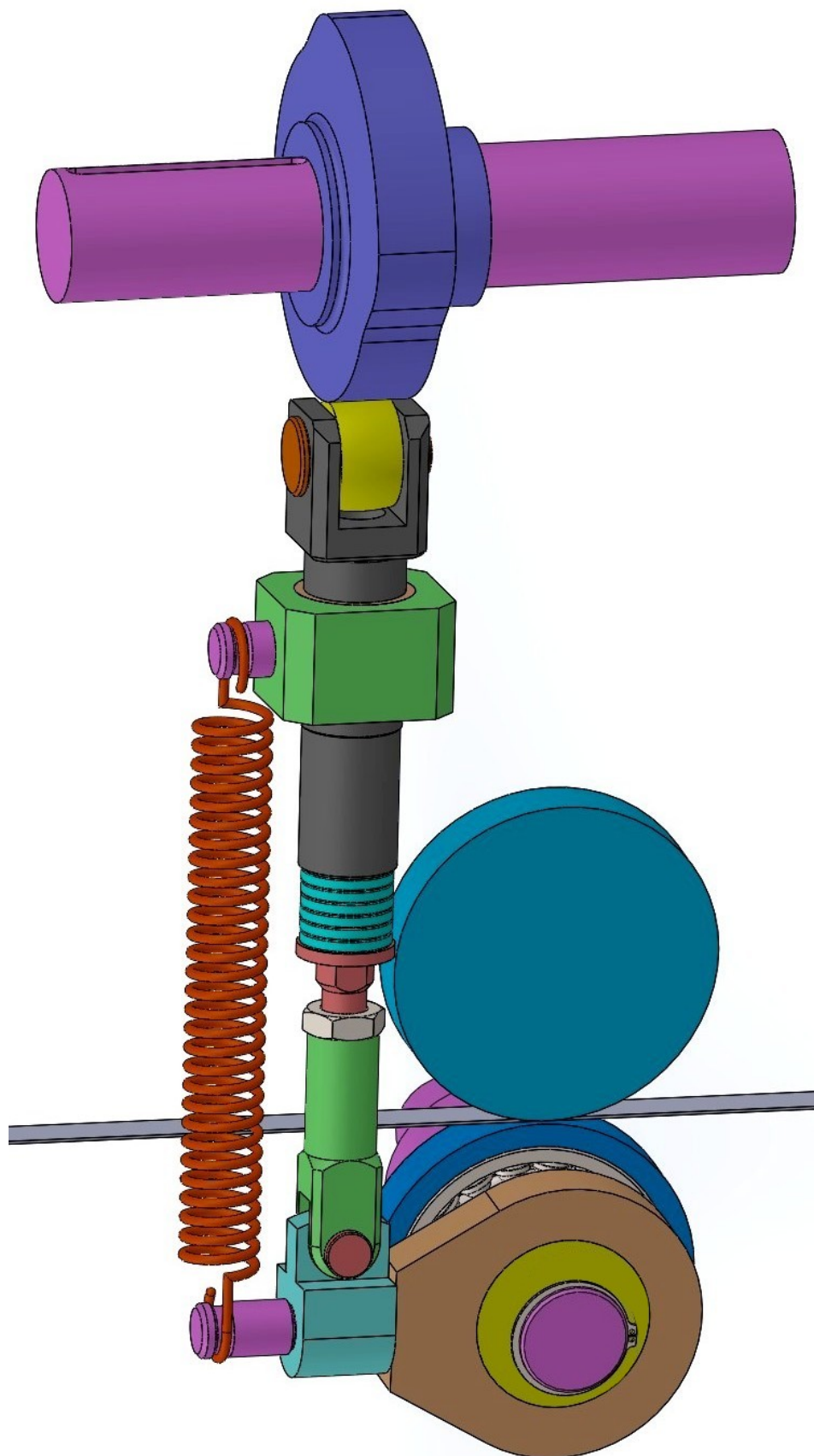


Obr 63 Fotografie 1 lisu Šmeral LENR 25 [22]



Obr 64 Fotografie 2 lisu Šmeral LENR 25 [22]

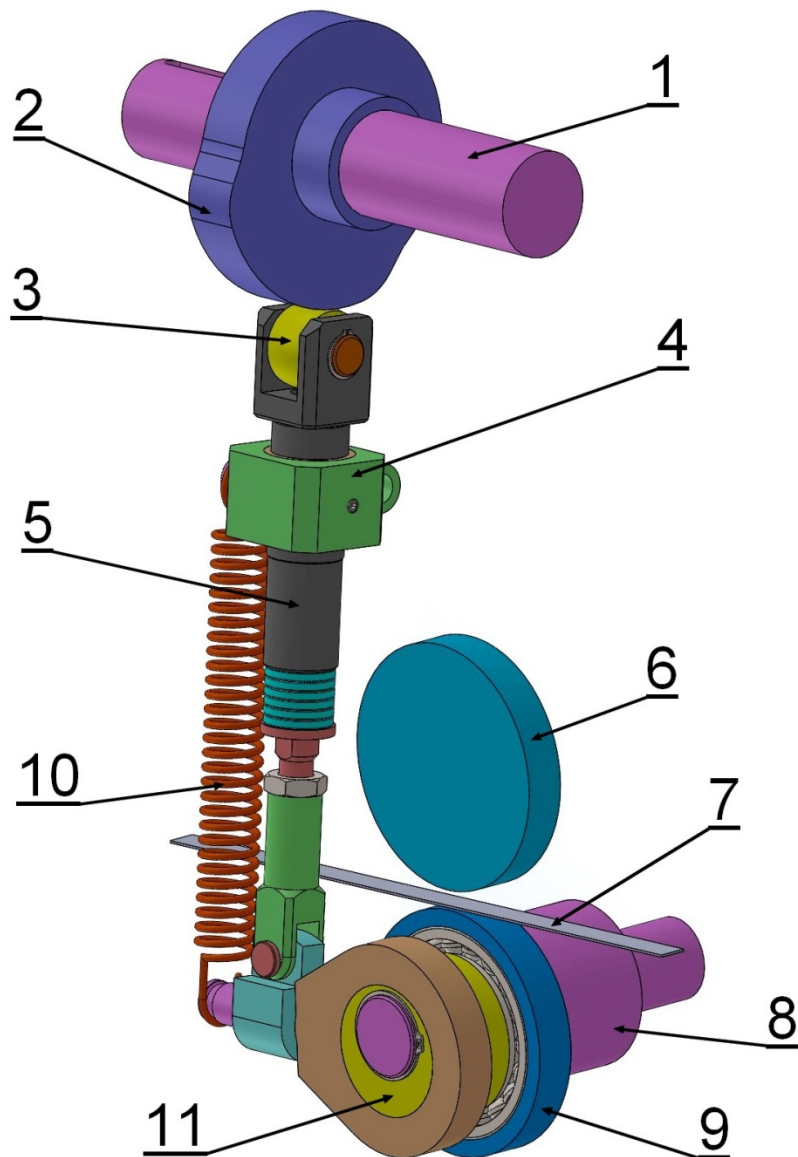
## 7.2 Navržený pohon válečkového podavače



Obr 65 Model pohonu válečkového podavače



## 7.4 Popis funkce mechanismu podavače



Obr 67 Model pohonu válečkového podavače v poloze zdvihu vačky

Hlavní rozvodová hřídel (1) se otáčí spolu s vačkou (2), po které se odvaluje kladka (3). Když se vačka(2) natočí vůči kladce(3) svou zdvihovou částí, posune vidlici podavače(5), která je posuvně uložena v objímce(4), která je přes čep připevněná k rámu stroje. Tento pohyb natočí excentr(11), který je rotačně spojen s podávací hřídelí(8) tak, že dojde k oddálení podávacího kotouče(9) od hnacího kotouče (6), což způsobí ztrátu tření mezi hnacím kotoučem(6) a podávaným pásem plechu(7). Poté je možno zastavit plech a provést tvářecí operaci. Při natočení vačky(2) zpět mimo zdvihovou část, tažná vinutá pružina(10) opět přitlačí přes podávací kotouč(9) podávaný pás plechu(7) k hnacímu kotouči(18) a dochází k dalšímu podání plechu.



## 8 Základní výpočty klikových lisů

- 1) Zdvihová funkce klikového mechanismu
- 2) Závislost zdvihu, rychlosti a zrychlení na úhlu natočení
- 3) Závislost mezi momentem na klice a síle na beranu
- 4) Rozklad sil na klikovém mechanismu
- 5) Výpočty pro časový diagram zdvihu
- 6) Časový diagram zdvihu
- 7) Výpočet přítláčné síly na válec podavače
- 8) Výpočet krouticího momentu na podávací válec
- 9) Návrh tvaru vačky podavače

### 8.1 Zdvihová funkce klikového mechanismu

$\alpha$  – úhel natočení kliky

$\beta$  – úhel sklonu ojnice

$\omega$  – úhlová rychlost kliky

$h$  – poloha beranu

$H$  – zdvih beranu

$r$  – délka kliky

$l$  – délka ojnice

$\lambda$  – Parametr poměru délky kliky k délce ojnice  
 $\lambda = r / l$

HÚ – horní úvrať lisu

DÚ – dolní úvrať lisu

Zdvihová funkce klikového mechanismu:

$$h = f(\alpha)$$

Stanovení zdvihové funkce z geometrie klikového mechanismu:

$$h = r + l - (r \cdot \cos \alpha + l \cdot \cos \beta)$$

Aby platilo, že zdvihová funkce je závislá pouze na úhlu  $\alpha$ , musíme odstranit výraz obsahující úhel  $\beta$ :

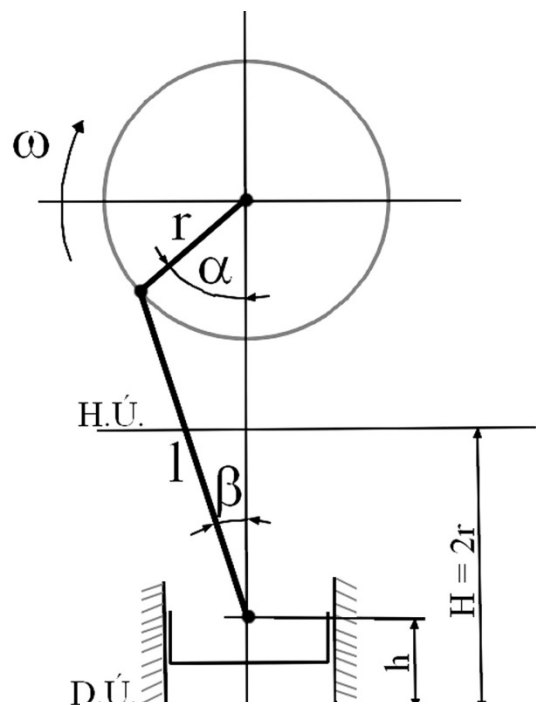
$$r \cdot \sin \alpha = l \cdot \sin \beta \rightarrow \sin \beta = \frac{r}{l} \cdot \sin \alpha \rightarrow \cos \beta = \sqrt{1 - \left(\frac{r}{l}\right)^2 \cdot \sin^2 \alpha}$$

Vztah s odmocninou nahradíme prvními dvěma členy rozvoje Binomické věty:

$$\cos \beta = 1 - \frac{\left(\frac{r}{l}\right)^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2}$$

Výsledný vztah pro zdvihovou funkci klikového mechanismu je:

$$h = r \cdot \left( (1 - \cos \alpha) + \lambda \cdot \frac{\sin^2 \alpha}{2} \right)$$

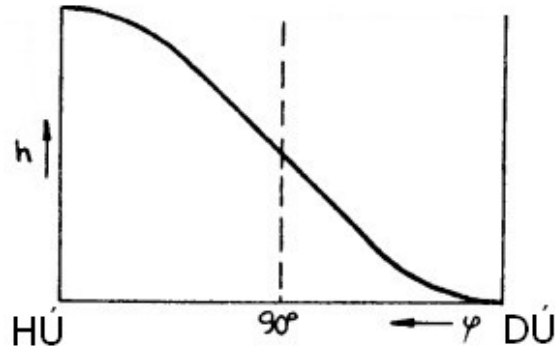


Obr 68 Schéma klikového mechanismu pro zdvihovou funkci

## 8.2 Závislost zdvihu, rychlosti a zrychlení na úhlu natočení

Dráha beranu:

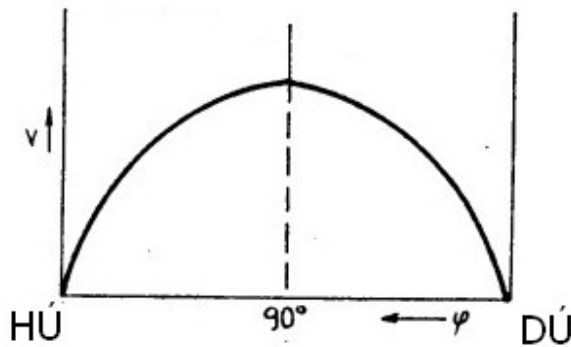
$$h = r \cdot \left( (1 - \cos \alpha) + \lambda \cdot \frac{\sin^2 \alpha}{2} \right)$$



Obr 69 Graf závislosti dráhy beranu na úhlu natočení kliky

Rychlost beranu:

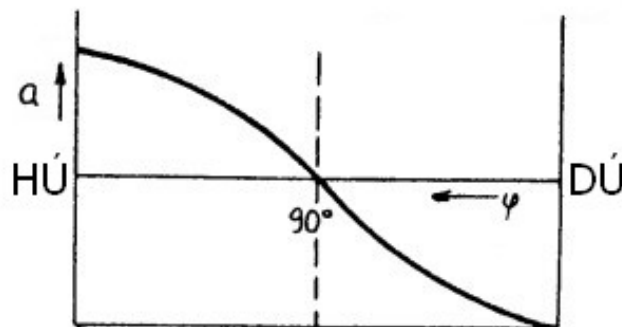
$$v = \frac{dh}{d\alpha} = r \cdot \omega \left( (\sin \alpha) + \lambda \cdot \frac{\sin 2\alpha}{2} \right)$$



Obr 70 Graf závislosti rychlosti beranu na úhlu natočení kliky

Zrychlení beranu:

$$a = \frac{dv}{d\alpha} = r \cdot \omega^2 (\cos \alpha + \lambda \cdot \cos 2\alpha)$$



Obr 71 Graf závislosti zrychlení beranu na úhlu natočení kliky

### 8.3 Závislost mezi momentem na klice a silou na beranu

- M – moment na klice
- r – délka klice
- $\alpha$  – úhel natočení klice
- l – délka ojnice
- $\beta$  – úhel sklonu ojnice
- F – síla na beranu
- h – poloha beranu
- H – zdvih beranu

Diferenciální natočení klice vyvolá diferenciální posuv beranu

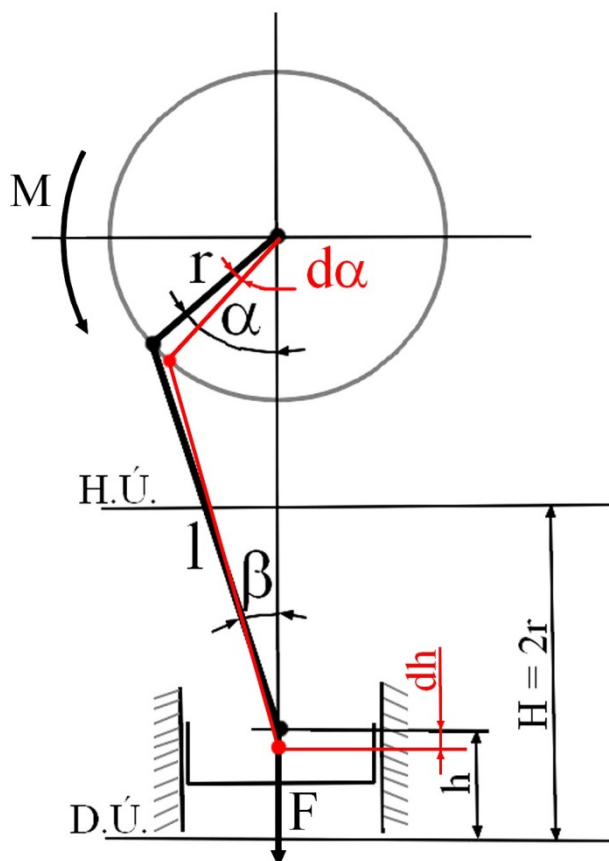
$$M \cdot d\alpha = F \cdot dh$$

Závislost síly na momentu a úhlu natočení klice

$$F = M \cdot \frac{d\alpha}{dh}$$

Parametr poměru délky klice k délce ojnice

$$\lambda = \frac{r}{l}$$



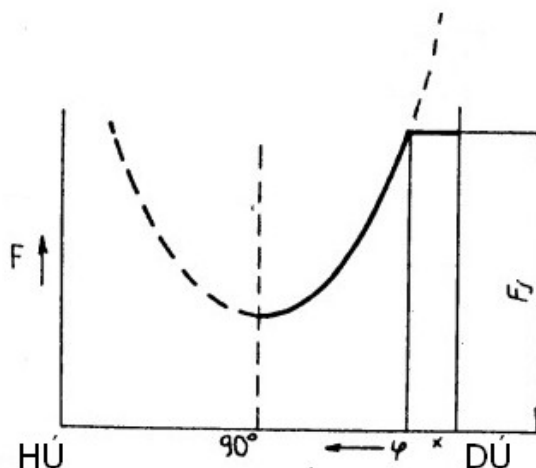
Obr 72 Schéma klikového mechanismu pro určení síly na beranu

Velikost síly na beranu lisu

$$F = \frac{M}{r \cdot \left( \sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \cdot \sin 2\alpha \right)}$$

Velikost momentu na klice

$$M = F \cdot r \cdot \left( \sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \cdot \sin 2\alpha \right)$$



Obr 73 Graf závislosti síly beranu na úhlu natočení klice

$F_j$  – jmenovitá síla

Graf zobrazuje závislost síly na beranu, která by teoreticky mohla vzrůst do nekonečna při dosažení dolní úvratí DÚ. Tato síla je ale omezena na hodnotě  $F_j$ , která je stanovena ze síly, kterou je možno přenést přes rám stroje tak, aby nedošlo k jeho poškození.

## 8.4 Rozklad sil na klikovém mechanismu

(bez uvažování pasivních účinků)

$F_T$  – tečná síla na klice  
 $F_N$  – normálová síla na klice  
 $F_O$  – osová síla v ojnici  
 $F_V$  – výstředná síla na beranu  
 $F$  – tvářecí síla na beranu

Tečná síla na klice

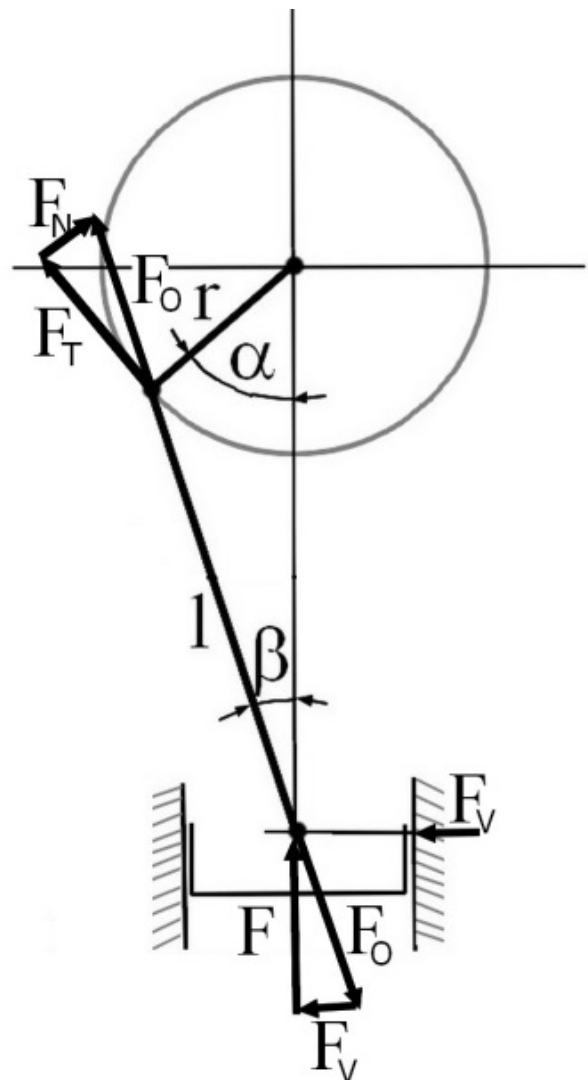
$$F_T = \frac{M}{r}$$

osová síla v ojnici

$$F_O = \frac{F_T}{\sin(\alpha + \beta)}$$

Výstředná síla v beranu

$$F_V = F_O \cdot \sin \beta$$



Obr 74 Schéma klikového mechanismu pro silový rozklad

Poznámka:

Při konkrétních výpočtech pro návrh klikového lisu by bylo nutné provést výpočty se zahrnutím pasivních účinků, které ovlivňují výsledné síly v mechanismu.

## 8.5 Výpočty pro časový diagram zdvihu

Pro lis Šmeral LENR 25 a válečkový podavač s úhlem podání 180°

Velikost zdvihu beranu	$H_B = 81 \text{ mm}$
Tloušťka stříhaného plechu	$t = 2 \text{ mm}$
Celková deformace lisu	$q = 0,83 \text{ mm}$
Součet všech vůlí v pohonu	$x = 1 \text{ mm}$
Poměr řezné části k tloušťce plechu	$\kappa = 0,3$

- **Hloubka ponoření průstřižníku ( $t_N$ ):**

$$t_N = t \cdot \kappa + q + x$$

$$t_N = 2 \cdot 0,3 + 0,83 + 1 \quad t_N = 2,43 \text{ mm}$$

- **Doba jednoho zdvihu v sekundách ( $t_z$ )**

počet zdvihů beranu za minutu  $n = 120$

$$t_z = 60 / n$$

$$t_z = 60/120 \quad t_z = 0,5 \text{ s}$$

- **reakční úhel pro rozpojení spojky ( $\xi$ )**

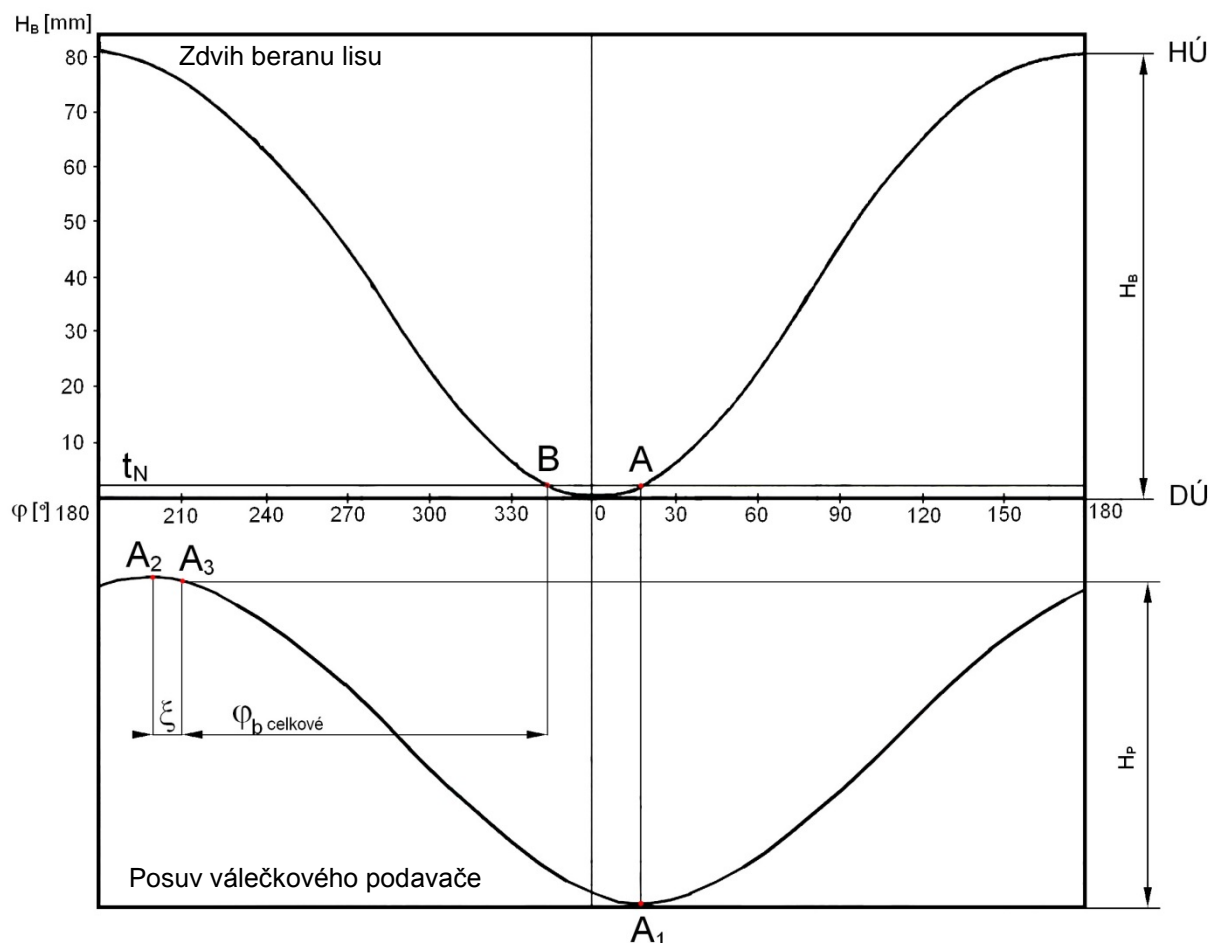
reakční doba elektronického snímače kroku  $t_s = 0,02 \text{ s}$  .

$$\xi = t_s / t_z \cdot 360^\circ$$

$$\xi = 0,02/0,5 \cdot 360^\circ \quad \xi = 14,4^\circ$$

## 8.6 Časový diagram zdvihu beranu lisu a válečkového podavače

Pro lis Šmeral LENR 25 a válečkový podavač s úhlem podání  $180^\circ$



Obr 75 Časový diagram zdvihu pro lis LENR 25

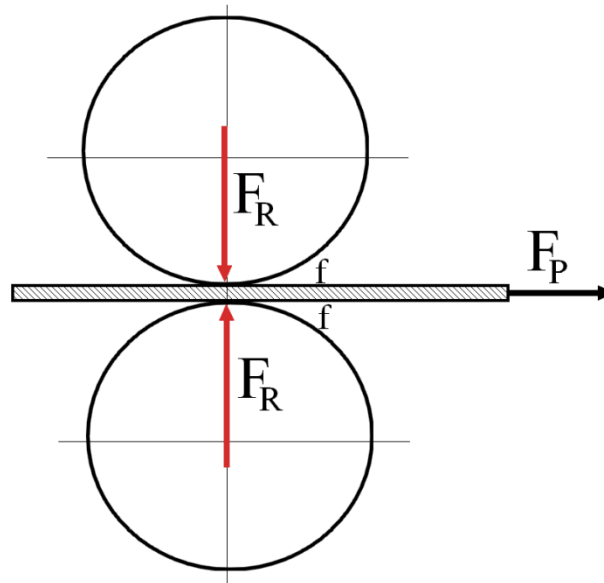
### Popis diagramu

V diagramu je zachycen v horní části rozvinutý průběh zdvihu beranu a v dolní části rozvinutý průběh pohybu válečkového podavače. Čas na zabrzdění podavače (přímo úměrný úhlu  $\varphi_b$  celkové) je závislý na výšce zdvihu beranu  $H_B$ . Při příliš malé výšce zdvihu by nestačil podavač zastavit před dosednutím nástroje na polotovar a došlo by k poškození nástrojů.

- Bod A vysunutí střížného nástroje z děrovaného plechu
- Bod A<sub>1</sub> podavač začíná podávat materiál ze svitku
- Bod A<sub>2</sub> podavač končí podání
- Bod A<sub>3</sub> rozpojení spojky a zapnutí brzdy podavače
- Bod B zastavení podavače před dosednutím střížného nástroje na materiál
- Přímka  $t_N$  ponoření nástroje do materiálu
- $H_U$  horní úvrať lisu
- $D_U$  dolní úvrať lisu
- $H_B$  velikost zdvihu beranu
- $H_P$  velikost posuvu podavače
- $\xi$  reakční úhel pro rozpojení spojky a zapnutí brzdy
- $\varphi_b$  celkové brzdny úhel

## 8.7 Výpočet přítláčné síly válce válečkového podavače

Přítláčnou sílu  $F_R$  stanovíme z maximálního dovoleného tlaku podávacího válce na povrch podávaného materiálu.



Obr 76 Schéma válců válečkového podavače

Maximální tlak stanovíme z Hertzovy teorie:

$$p = 0,418 \cdot \sqrt{\frac{F_R \cdot E}{r_v \cdot l}} \leq n \cdot Re$$

Přítláčná síla:

$$F_R = \frac{4 \cdot Re^2 \cdot l \cdot r_v}{0,418^2 \cdot E}$$

$F_R$	Síla, kterou svírají podávací válce podávaný materiál
$F_P$	Síla pro podání materiálu
$f$	koeficient tření mezi povrchem válce a podávaného materiálu
$E$	modul pružnosti podávaného materiálu
$r_v$	poloměr podávacího válce
$l$	styčná délka podávacího válce s podávaným materiálem (šířka svitku)
$n$	bezpečnost (2 – 6)

## 8.8 Výpočet krouticího momentu na podávacím válci

- Síla potřebná pro podání svitku:

$$F_p = 2 \cdot F_R \cdot f$$

- Krouticí moment vlivem síly na podání svitku:

$$M_{K1} = F_p \cdot r_v$$

- Krouticí moment vlivem zrychlující síly:

Pro podávání klikovým mechanismem je maximální zrychlení:

$$a_{max} = r_{Kmax} \cdot \omega_K^2 \cdot (1 + \lambda) \quad \lambda = \frac{r_K}{L_o}$$

$F_z$  zrychlující síla

$$F_z = a_{max} \cdot m_{svitku}$$

Krouticí moment:

$$M_{K2} = F_z \cdot r_v$$

$r_{Kmax}$  maximální velikost poloměru kulisového pohonu

$m_{svitku}$  hmotnost urychlované části svitku (30% délky smyčky)

$\omega_K$  úhlová rychlost kulisového pohonu podavače

$L_o$  délka ojnice (táhlo pohonu podavače)

- Krouticí moment vlivem valivého tření:

$$M_{K3} = F_R \cdot \xi$$

$\xi$  součinitel valivého tření

- Krouticí moment vlivem čepového tření:

$$M_{K4} = F_R \cdot f_{\check{c}} \cdot r_{\check{c}}$$

$f_{\check{c}}$  součinitel čepového tření

$r_{\check{c}}$  poloměr čepu

- Celkový krouticí moment na podávací válec:

$$M_{K_{celk.}} = \sum_1^n M_{K_n}$$

$$M_{K_{celk.}} = M_{K1} + M_{K2} + M_{K3} + M_{K4}$$



## 8.9 Návrh tvaru vačky na ovládání válečkového podavače

- 1) Určení základního tvaru vačky dle konstrukčních rozměrů
- 2) Určení sinusové funkce náběhu
- 3) Určení průběhu zdvihu

### 8.9.1 Určení základního tvaru vačky dle konstrukčních rozměrů

Vačka je mechanismus, který pomocí obecné kinematické vazby převádí rotační pohyb hnacího členu na vratný posuvný pohyb hnaného členu.

Tvar vačky určíme dle úhlu plného zdvihu vačky  $\psi$ , úhlu náběhu křivky  $\gamma$ , velikosti zdvihu vačky  $H$  a poloměru základní kružnice vačky  $r_o$ .

Dle konstrukce navrženo:

$$R = 68 \quad [\text{mm}]$$

$$r_o = 58 \quad [\text{mm}]$$

$$\psi = 100 \quad [^\circ] \quad \text{úhel plného zdvihu vačky}$$

$$\gamma = 23 \quad [^\circ] \quad \text{úhel náběhu křivky}$$

Otáčky rozvodového hřídele

$$n = 120 \quad [\text{ot/min}]$$

$$\omega = n \cdot 2 \pi / 60$$

$$\omega = 12,56 \quad [\text{rad/s}] \quad \text{úhlová rychlost rozvodového hřídele}$$

Zdvih vačky:

$$H = R - r_o \quad H = 68 - 58 = 10 \quad [\text{mm}]$$

úhel náběhu křivky

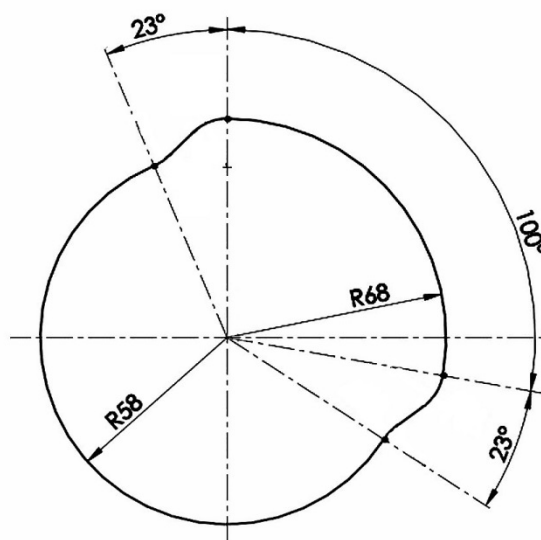
$$\gamma_{\text{rad}} = 23^\circ \cdot \pi / 180 \quad \gamma_{\text{rad}} = 0,4014 \quad [\text{rad}]$$

$$\gamma = \omega \cdot t \quad \rightarrow \quad t = \gamma / \omega$$

Stanovení periody  $T$

$$T = \gamma_{\text{rad}} / \omega$$

$$T = 0,4014 / 12,56 \quad T = 0,03196 \quad [\text{s}]$$



Obr 77 Nákres vačky dle konstrukčního provedení

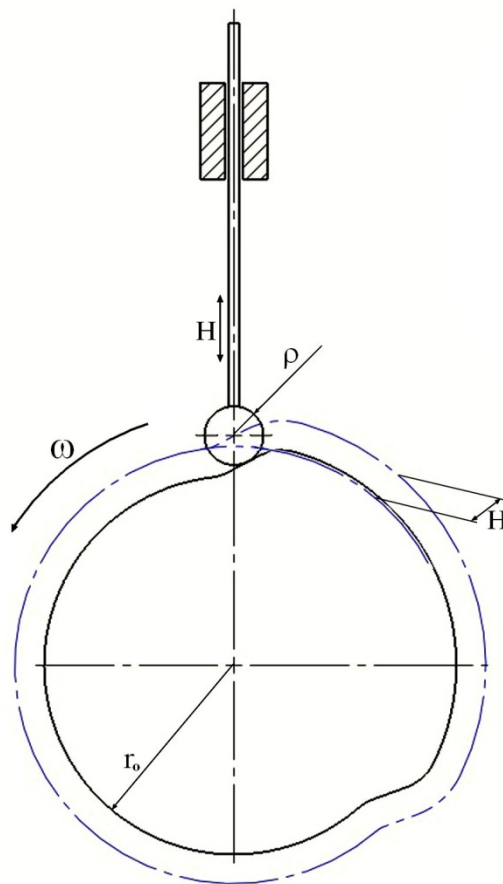
$\omega$  úhlová rychlost hlavního rozvodového hřídele

### 8.9.2 Určení sinusové funkce náběhu

Tvar vačky určíme v polárních souřadnicích tak, aby vidlice podavače konala vratný pohyb se sinusovým náběhem, zdvihem  $H$  a dobou  $T$ . Dán je poloměr základní kružnice vačky  $r_0$ , poloměr kladky  $\rho$ , úhlová rychlost vačky  $\omega$ . Předpokládáme konstantní úhlovou rychlost vačky  $\omega$ .

Poloměr kladky  $\rho$  určuje vzdálenost ekvidistanty od tvaru vačky, která určuje průběh zdvihu vidlice podavače

Nejdříve určíme matematický předpis pro sinusovou funkci náběhu dle velikosti zdvihu  $H$  a úhlu náběhu křivky  $\gamma$ . Úhel natočení vačky  $\varphi$  [rad].

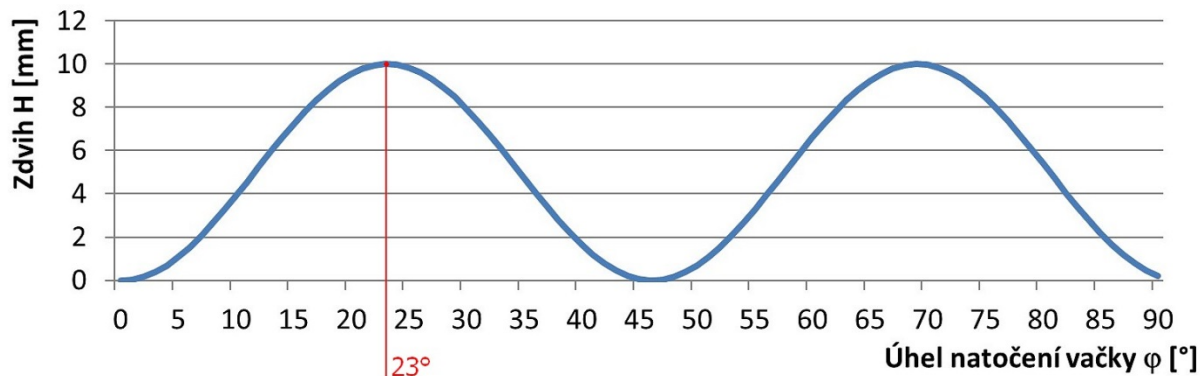


Obr 78 schéma vačky s kladkou a vidlicí podavače

$$H_{náběh} = f(\varphi)$$

$$H_{náběh} = \frac{H}{2} + \sin\left(\frac{\varphi}{\gamma \cdot 180} + \frac{0,6}{\gamma \cdot 180}\right) \cdot \frac{H}{2}$$

- Graf sinusové funkce pro náběh zdvihu  $H$  na úhlu  $\gamma$

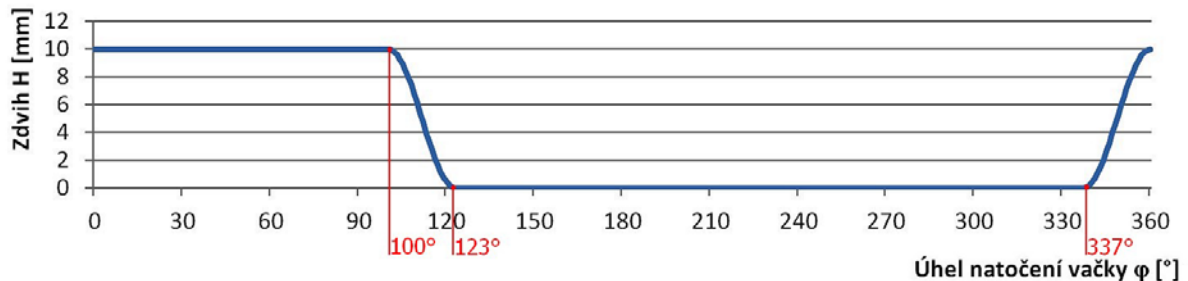


Obr 79 Graf sinusové funkce pro náběh zdvihu  $H$  na úhlu  $\gamma$

### 8.9.3 Určení průběhu zdvihu

Průběh zdvihu určíme dle konstrukčního provedení s využitím sinusové funkce pro náběh a výběh vačky.

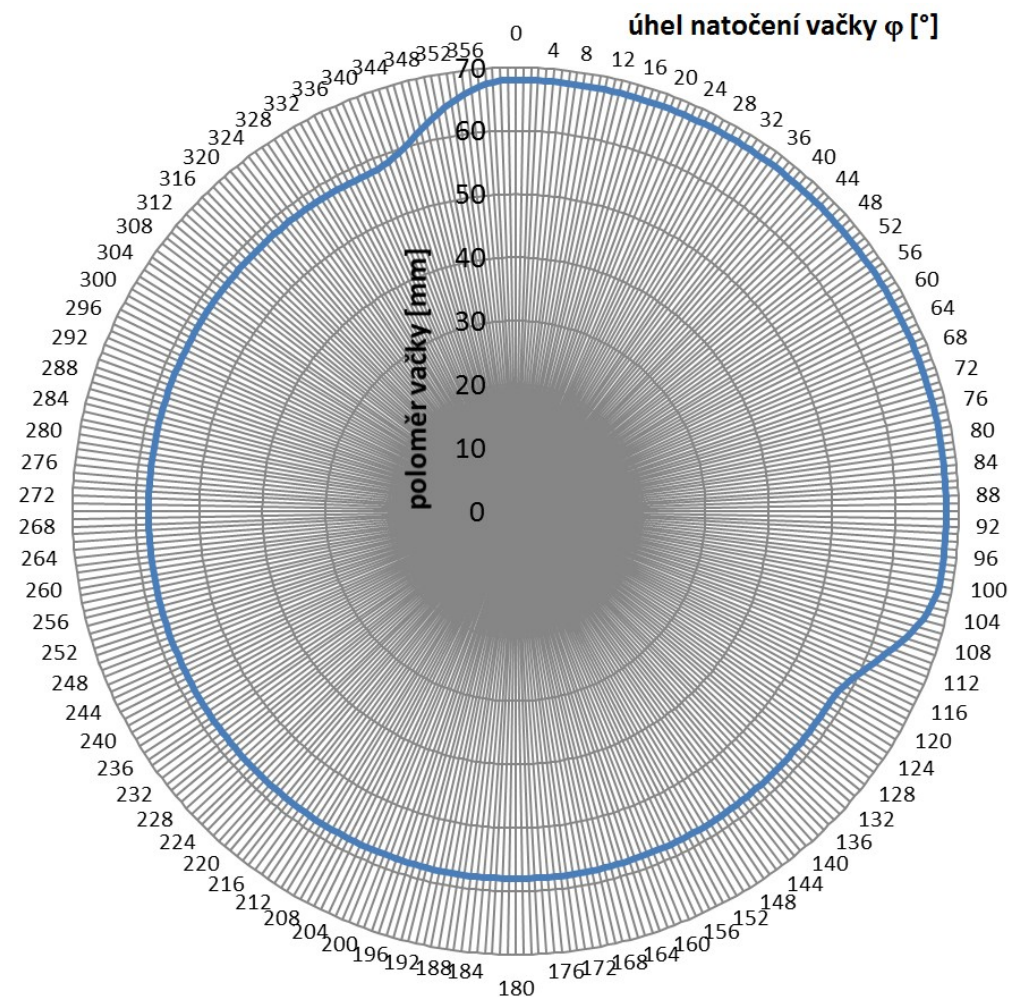
- **Graf zdvihu vačky se sinusovým náběhem a výběhem**



Obr 80 Graf zdvihu vačky se sinusovým náběhem a výběhem

- **Graf v polárních souřadnicích**

Graf je oproti grafu zdvihu vačky posunutý o velikost poloměru  $r_0$  a je vynesena v polárních souřadnicích. To umožňuje zobrazení znázorňující skutečný tvar vačky.



Obr 81 Graf tvaru vačky v polárních souřadnicích

## 9 Zhodnocení výsledků práce

Pro konkrétní lis Šmeral LENR 25 byl navržen pohon ovládní válečkového podavače. Pohon podavače byl navržen mechanicky spřaženým klikovým hřídelem s vidlicí pohonu podavače pomocí vačky a kladky.

Tento způsob pohonu byl vybrán z důvodu větší přesnosti a spolehlivosti než varianty s pohonem elektromotorem nebo hydraulickým pohonem.

Pro celkové navržení pohonu podavače byla odvozena funkce zdvihu klikového mechanismu pro určení závislosti velikosti zdvihu, rychlosti a zrychlení beranu na úhlu natočení kliky. Dále byly obecně provedeny výpočty sil v klikovém mechanismu, výpočty pro časový diagram zdvihu a byl vytvořen samotný diagram zdvihu beranu. Byly provedeny výpočty přítláčné síly a krouticího momentu na podávací válec a byl navržen tvar vačky se sinusovým náběhem.

## 10 Závěr

V bakalářské práci byl představen historický vývoj v oblasti klikových lisů ze tří hledisek a to mechanizace, ergonomie a bezpečnost při práci. Byl představen současný stav v oblasti firem zabývajících se výrobou klikových lisů. Byl shrnut stručný pohled do budoucna, jakým směrem by se mohl vývoj klikových lisů dále ubírat.

Bylo představeno základní rozdělení klikových lisů dle různých kritérií. Byly popsány hlavní konstrukční uzly, ze kterých se skládá klikový lis. Byla shrnutá specifikace požadavků kladených na klikové lisy z hledisek jakosti práce, výkonnosti stroje a vztahu člověka ke stroji. Byly shrnuté technologické možnosti použití klikových lisů tzn. pro jakou tvářecí operaci jdou vhodně použít.

Bylo vysvětleno, co je mechanizace a jak jí můžeme dělit. Poté byla představena konkrétní mechanizace použitelná v oblasti klikových lisů a to mechanizace výměny nástroje a mechanizace výměny polotovaru. Bylo představeno možné uspořádání mechanizované výrobní linky s použitím klikového lisu a dalších strojů zařazených v lince.

V praktické části byl navržen pohon válečkového podavače pro konkrétní lis. Byly popsány jednotlivé díly, ze kterých se navrhnutý pohon skládá a jakým způsobem pracuje. Byly provedeny základní výpočty a navržena vačka pohonu.

## 10.1 Seznam použité literatury

- [1] STANĚK, Jiří. Základy stavby výrobních strojů: tvářecí stroje. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2004, v, 120 s. ISBN 80-7082-738-6.
- [2] STANĚK, J.; NĚMEJC, J.: Metodika zpracování a úprava diplomových (bakalářských) prací. ZČU Plzeň 2005, 58 s.
- [3] RUMÍŠEK, P.: Mechanizace ve strojírenství – technologie tváření, VUT Brno, 2003 49s
- [4] STANĚK, J. *přednášky*

## 10.2 Seznam internetových zdrojů

- [5] <http://www.exportersindia.com/rtpowerpress/products.htm?sln=682884>
- [6] <http://chestofbooks.com/crafts/metal/Sheet-Metal-Work/Adjusting-Double-Crank-Presses.html#.VV096ZftlBc>
- [7] [http://www.coachbuilt.com/des/m/mercer/oo1920\\_mercer\\_fig\\_3.jpg](http://www.coachbuilt.com/des/m/mercer/oo1920_mercer_fig_3.jpg)
- [8] <http://www.zdas.cz/>
- [9] [http://img.directindustry.com/images\\_di/photo-g/servo-presses-58912-6038683.jpg](http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/servo-presses-58912-6038683.jpg)
- [10] [http://servostampingpresses.blogspot.cz/2011\\_08\\_01\\_archive.html](http://servostampingpresses.blogspot.cz/2011_08_01_archive.html)
- [11] <http://www.ke-beige.com/sale-385418-hcp-80a-single-crank-shaft-steel-frame-energy-saving-punch-press-sheet-metal-shear.html>
- [12] <http://www.smeral.cz/CZTvarOst.html>
- [13] [http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/ZMech/CD\\_Zaklady\\_mechaniky/testy/res\\_63.htm](http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/ZMech/CD_Zaklady_mechaniky/testy/res_63.htm)
- [14] <http://www.servistek.cz/>
- [15] <http://www.rollcontech.cz/130-dopravniky-a-kulickove-stoly.html>
- [16] <https://www.schulergroup.com/>
- [17] <http://www.demagcranes.de/KBK-light-crane-system>
- [18] <http://www.ise.ncsu.edu/kay/mhetax/PosEq/>
- [19] <http://www.seyiamerica.com/>
- [20] <http://www.directindustry.es/prod/dimeco-8585.html>
- [21] <http://www.bubw.de/?lvl=5538&action=print>
- [22] <http://www.sbazar.cz/strojesvoboda/detail/10366388-lis-vystrednikovy-naklapeci-rychlobezny-lenr-25>

### 10.3 Seznam obrázků

Obr 1 jednoduchý klikový lis [5] .....	10
Obr 2 historický klikový lis pro tažení [6] .....	10
Obr 3 historický klikový lis s pohonem pedálem [6] .....	11
Obr 4 historická fotografie údržby nástroje [7].....	11
Obr 5 Klikový lis ŽĐAS LKDR 200 [8].....	12
Obr 6 Klikový lis SEYI SD1 s přímým pohonem [9].....	13
Obr 7 program pro řízení zdvíhu lisu [10] .....	13
Obr 8 čtyřbodový lis [8] .....	14
Obr 9 Jednobodový lis [8].....	14
Obr 10 třibodový lis [8].....	14
Obr 12 podélně uložený hřídel [8] .....	15
Obr 11 příčně uložený hřídel [8].....	15
Obr 13 Tvar C [11].....	15
Obr 14 tvar O [12].....	15
Obr 15 Lis se spodním pohonem [1].....	15
Obr 16 Schéma konstrukčních uzlů klikového lisu.....	16
Obr 17 Schéma klikového mechanismu [13].....	16
Obr 18 graf t. ch. ohýbání .....	19
Obr 19 graf t. ch. zápusťkové kování .....	19
Obr 20 graf t. ch. mělké tažení .....	19
Obr 21 graf t. ch. ražení.....	20
Obr 22 graf t. ch protlačování .....	20
Obr 23 graf t. ch. Stříhání.....	20
Obr 24 graf t. ch. kalibrování .....	20
Obr 25 Rolovací konzola letmá GÜthle [14] .....	22
Obr 26 Rolovací konzola s podpěrnou nohou GÜthle [14] .....	22
Obr 27 Kuličkový dopravník [15].....	23
Obr 28 pneumaticky ovládaná dopravní lišta [14] .....	23
Obr 29 schéma vyjíždějícího stolu firmy Schuller [16] .....	23
Obr 31 hydraulický upínač plošný DUNKES [4] .....	24
Obr 30 hydraulický upínač zámkový DUNKES [4] .....	24
Obr 32 hydraulický upínač [14] .....	24
Obr 33 kolejový vozík GÜthle [14] .....	24
Obr 34 volný vozík GÜthle [14] .....	24
Obr 35 sloupový jeřáb Demag [17].....	25
Obr 36 Schéma principů skluzných podavačů [3] .....	25
Obr 37 Podavač drobných výstřížků do střížného nástroje [3] .....	26
Obr 38 Schéma mechanismu revolverového podavače.....	26
Obr 39 Schéma savkového podavače [4] .....	27
Obr 40 Háčkový podavač s násypkou [3] .....	27
Obr 41 Korečkový zásobníkový podavač špalíků [3] .....	28
Obr 42 Bubnový rotační podavač [3].....	28
Obr 43 Bubnový vibrační podavač [3].....	29
Obr 44 Sáňkový čelistový podavač [4].....	29
Obr 45 Kotoučový podavač drátu [3].....	30
Obr 46 Podavač tyčí s prizmatickými kotouči [3].....	30
Obr 47 Kleštinový podavač tyčí [3] .....	31
Obr 48 Rošt podavače tyčí [3].....	31

Obr 49 Mechanizované savkové zařízení [3].....	32
Obr 50 Podávání tabulí plechu do stroje pomocí savkového zařízení [3].....	32
Obr 51 Kombinovaný kuličkový a válečkový dopravník [18].....	32
Obr 52 Schéma čelistového podavače plechů (poloha 1).....	33
Obr 53 Schéma čelistového podavače plechů (poloha 2).....	33
Obr 54 Schéma kleštinového podavače plechů.....	34
Obr 55 Schéma pákového podavače plechů.....	34
Obr 56 Válečkový podavač s pohonem od kulisy [3].....	35
Obr 57 Pohonná jednotka válečkového podavače [3].....	35
Obr 58 Schéma výrobní linky na tváření plechu pomocí klikového lisu.....	36
Obr 59 Fotografie výrobní linky na tváření plechu pomocí klikového lisu [19].....	37
Obr 60 Odvíječka svitku plechu [19].....	38
Obr 61 otevřená rovnačka plechu [20].....	38
Obr 62 mazací zařízení Eckardt-gmbh [21].....	38
Obr 64 Fotografie 1 lisu Šmeral LENR 25 [22].....	39
Obr 63 Fotografie 2 lisu Šmeral LENR 25 [22].....	39
Obr 65 Model pohonu válečkového podavače.....	40
Obr 66 Model pohonu válečkového podavače v řezu.....	41
Obr 67 Model pohonu válečkového podavače v poloze zdvihu vačky.....	42
Obr 68 Schéma klikového mechanismu pro zdvihovou funkci.....	43
Obr 69 Graf závislosti dráhy beranu na úhlu natočení kliky.....	44
Obr 70 Graf závislosti rychlosti beranu na úhlu natočení kliky.....	44
Obr 71 Graf závislosti zrychlení beranu na úhlu natočení kliky.....	44
Obr 72 Schéma klikového mechanismu pro určení síly na beranu.....	45
Obr 73 Graf závislosti síly beranu na úhlu natočení kliky.....	45
Obr 74 Schéma klikového mechanismu pro silový rozklad.....	46
Obr 75 Časový diagram zdvihu pro lis LENR 25.....	48
Obr 76 Schéma válců válečkového podavače.....	49
Obr 77 Nákres vačky dle konstrukčního provedení.....	51
Obr 78 schéma vačky s kladkou a vidlicí podavače.....	52
Obr 79 Graf sinusové funkce pro náběh zdvihu H na úhlu $\gamma$ .....	52
Obr 80 Graf zdvihu vačky se sinusovým náběhem a výběhem.....	53
Obr 81 Graf tvaru vačky v polárních souřadnicích.....	53