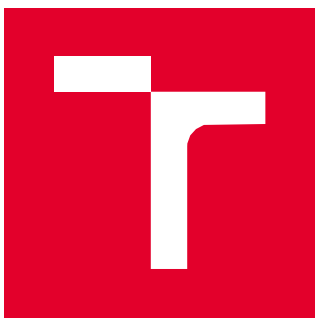




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

**KONCEPČNÍ STUDIE POJEZDU KOVACÍHO
MANIPULÁTORU**

CONCEPTUAL STUDY OF THE TRAVEL MECHANISM FOR THE FORGING MANIPULATOR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Martin Drbal

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Přemysl Pokorný, Ph.D.

BRNO 2021

Zadaní bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Martin Drbal**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Přemysl Pokorný, Ph.D.**
Akademický rok: 2020/21

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:

Koncepční studie pojezdu kovacího manipulátoru

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Provedení rešeršní studie pojezdových podvozků kovacích manipulátorů pro volné kování. Studie dává přehled o koncepcích konstrukcí pojezdových mechanismů kovacích manipulátorů pro volné kování na lisech nebo bucharech. Součástí práce je obecný koncepční návrh pojezdu kovacího manipulátoru dle parametrů.

Technické parametry:

Hmotnost výkovku do 20 t.

Rychlost pojezdu kovacího manipulátoru do 50 m/min.

Cíle bakalářské práce:

Rešeršní rozbor pojezdu a pojezdových mechanismů kovacích manipulátorů pro volné kování.

Koncepční návrh pojezdového mechanismu kovacího manipulátoru pro volné kování.

Rozbor zástavbových a silových parametrů pojezdového mechanismu manipulátoru.

Výkres sestavy pojezdového mechanismu.

Výkresy vybraných částí pojezdového mechanismu.

Seznam doporučené literatury:

POLÁK, Jaromír, Jiří PAVLIŠKA a Aleš SLÍVA. Dopravní a manipulační zařízení I. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2001. ISBN 8024800438.

LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 8086490742.

BIGOŠ, Peter, Jozef KULKA, Melichar KOPAS a Martin MANTIČ. Teória a stavba zdvíhacích a dopravných zariadení. Vyd. 1. Košice: TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2012. Edícia vedeckej a odbornej literatúry (Technická univerzita v Košiciach). ISBN 9788055311876.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá manipulátory pro volné kování, respektive mapuje konstrukční řešení jednotlivých typů podvozků. Popisuje jejich charakteristické vlastnosti, výhody a nevýhody. Dále práce zahrnuje koncepční návrh podvozku kolejového manipulátoru včetně pohonu, který je následně porovnáván s reálnými parametry od firmy ZDAS a.s.

KLÍČOVÁ SLOVA

Manipulátor, pohon pojezdu, kolejový

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with manipulators for open-die forging, respectively maps the design solutions of individual types of chassis. It describes their characteristics, advantages, and disadvantages. Furthermore, the thesis includes a conceptual design of the track of rail-bounded manipulator chassis, including the drive, which is then compared with real parameters from the company ZDAS a.s.

KEYWORDS

Manipulator, travel drive, rail-bound

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

DRBAL, M. *Koncepční studie pojezdu kovacího manipulátoru*. Brno, 2021. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí práce Přemysl Pokorný.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Přemysla Pokorného a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 20. května 2021

.....

Martin Drbal

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce panu Ing. Přemyslu Pokornému, Ph.D. za konzultace a rady týkající se mé bakalářské práce. Další důležité díky patří firmě ŽĎAS a.s., která mi umožnila cenné konzultace s odborníky na danou problematiku. Tímto děkuji pracovníkům oddělení Konstrukce tvářecích strojů za poskytnutí důležitých detailů a informací týkajících se konstrukce kovacích manipulátorů.

OBSAH

Úvod	11
Cíle práce a výchozí parametry	11
1 Historie pojezdů používaných při volném kování	12
1.1 Mostový jeřáb	13
1.2 Vahadlo	15
1.3 Manipulátor	15
2 Typy pojezdu kovacího manipulátoru	17
2.1 Manipulátor s kolejovým pojezdem	17
2.1.1 Pojezd pomocí ozubeného kola a tvarové tyče	20
2.1.2 Pojezd pomocí řetězu	25
2.1.3 Hřebenový pojezd	25
2.1.4 Mostový širokorozsahový manipulátor	26
2.2 Manipulátor s kolovým pojezdem	27
2.2.1 Kovací manipulátor	28
2.2.2 Transportní (šaržovací) manipulátor	29
3 Zhodnocení rešerše	31
4 Koncepční návrh podvozku manipulátoru QKK 20	32
4.1 Návrh pohonu	32
4.1.1 Další potřebné parametry pro výpočet	33
4.1.2 Výpočet a volba potřebného hydromotoru	33
4.2 Rozbor silových parametrů	35
4.2.1 Výpočet sil působících na pojezdová kola	35
4.2.2 Výpočet čepu vahadla	36
4.2.3 Výpočet ložiska	36
4.2.4 Výpočet čepu kolejových kol	37
4.2.5 Výpočet ložisek kolejových kol	37
4.3 Konstrukční uzly podvozku	38
4.3.1 Kolejové kolo	38
4.3.2 Ozubené kolo a tvarová tyč	39
4.3.3 Hydromotor	39
4.3.4 Planetová převodovka	40
4.3.5 Pohonná jednotka	41
4.3.6 Vahadlo	42
4.3.7 Kolejové vedení	42
4.4 Sestava	43

Závěr.....	44
Seznam příloh.....	48

ÚVOD

Přestože s nástupem moderních technologií se ve strojírenské výrobě hodně věcí změnilo, velké tvářecí stroje stále nacházejí své uplatnění. Pro tváření těžkých či objemných polotovarů je zapotřebí stroj, který toho bude schopen. Naprosto stejné je to i s manipulací s materiálem. Není samozřejmě problém navrhnout stroj s uchopovacím zařízením, které umožní uchopit prakticky cokoliv. Nicméně výsledkem je stroj o hmotnosti převyšující desítky tun. Na místě je zejména otázka pohonu a také podvozku. Podvozek je nedílnou součástí všech dopravních prostředků, strojů, či manipulačních zařízení, které jsou určeny k pohybu. Každý takový podvozek tvoří základ, který určuje většinu vlastností. Obvykle se skládá z rámu, kol a pohonné jednotky. Právě na tyto konstrukční uzly bych se rád v této práci zaměřil.

CÍLE PRÁCE A VÝCHOZÍ PARAMETRY

Cílem práce je provedení rešerše na téma pojezdu a pojezdových mechanismů kovacích manipulátorů určených pro volné kování. Druhým důležitým cílem je koncepční přiblížení důležitých částí pojezdu manipulátoru. Při koncepčním návrhu je postupováno dle zadaných a skutečných parametrů, které mají vliv na výsledný model. Jedním z cílů je také výkresová dokumentace sestavy a vybraných částí pojezdového mechanismu.

Výchozí parametry kovacího manipulátoru:

Hmotnost výkovku: 20 000 kg

Rychlost pojezdu transportní: 0-50 m/min

Rychlost pojezdu kovací: 0-25 m/min

Hmotnost stroje: 80 000 kg

Požadované zrychlení: 2 m/s^2 (se zátěží)

1 HISTORIE POJEZDŮ POUŽÍVANÝCH PŘI VOLNÉM KOVÁNÍ

Volné kování je řazeno mezi objemové tváření materiálu za tepla. Jedná se o pracovní postup výroby výkovků, při kterém se pomocí kovářských operací dosáhne přibližného tvaru výsledné součásti. Volné kování se dělí na ruční a strojní [6]. Pomocí úderů nebo působením tlaku tvářený materiál volně teče ve směru kolmém k působení síly [5].

„Volné kování výkovků je jednou z nejprogresivnějších metod výroby polotovarů pro všechna odvětví těžkého strojírenství. Touto technologií jsou kovány výkovky ve tvaru tyčí a hřídelí, kostky, kotouče, kroužky, koule, desky nebo jiné složité tvary dle požadavku zákazníka. Výkovky jsou kovány na hydraulických lisech, začleněných do ucelených kovacíh souborů. Kovací soubor pro volné kování tvoří kovací lis s hydraulickým pohonem a jeden nebo dva kovací manipulátory. Kovací soubor je řízen jedním pracovníkem od centrálního ovládacího pultu, umístěného v odhlučněné a klimatizované kabině“ [8]. Pod názvem kovací soubor pro volné kování je myšlen kovací lis, který spolupracuje s kovacími manipulátory a dalšími manipulačními prostředky (viz. obr. 1).



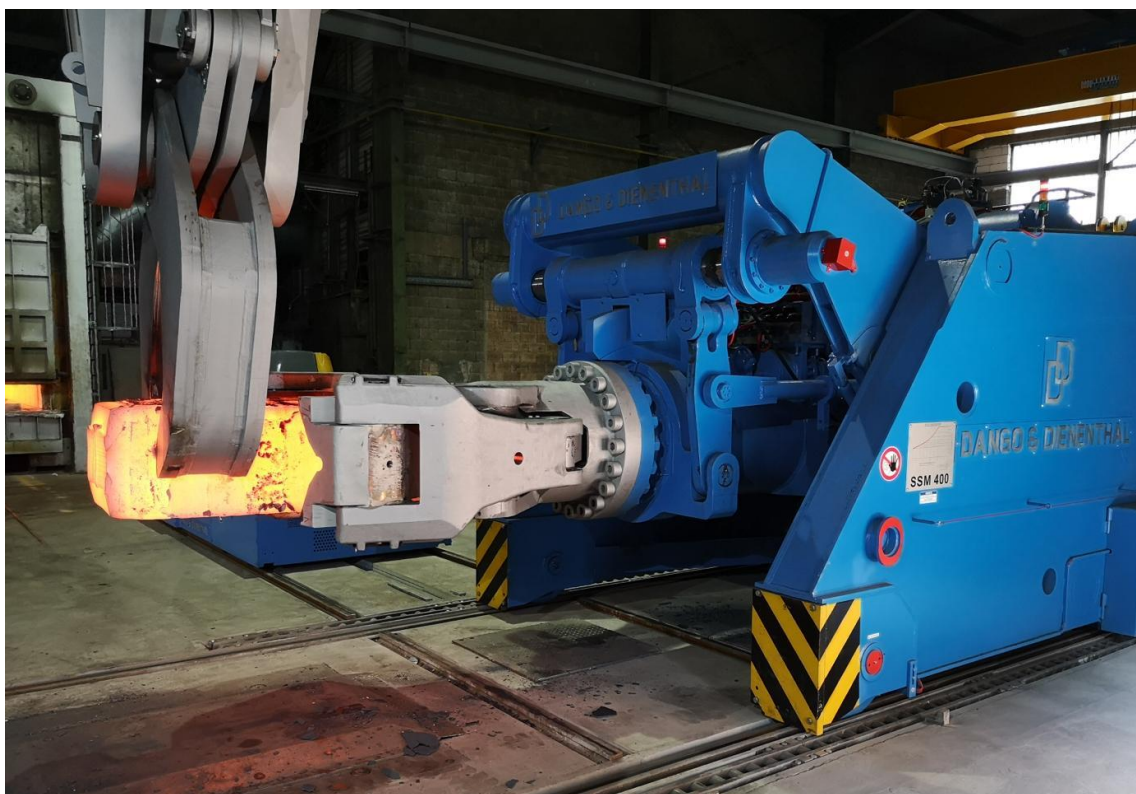
Obr. 1 Příklad sestavení kovacího souboru [23]

Pojezdem je myšlena ta část zařízení, která je umístěna mezi skříní vozidla a kolejiemi. Slouží k vedení a je hlavním nosným prvkem [22].

1.1 MOSTOVÝ JEŘÁB

Při pohledu do historie je zřejmé, že se pro manipulaci s výkovkem při volném kování zpočátku místo manipulátoru používal mostový jeřáb. První takový se objevil v prvním desetiletí dvacátého století [9]. Konstrukce zahrnovala pojezd a zvedací mechanismus s řetězem, který sloužil k uchopování výkovků. Pojezd jeřábu měl několik variant. Pojezd byl realizován pomocí jeřábových kolejnic. Obvyklým byl jeřáb mostový, kdy se mostová konstrukce dotýkala podvozky o jeřábovou dráhu. Údery kovadla se mírnily odpružením kladnice, pružným zavěšením vratidla, nebo jejich kombinací [1, 20].

Při manipulaci však nebylo možné dosáhnout přesných pohybů a požadovaných rychlostí, což má při kování fatální důsledky. Jak je známo, v provozech se zvedacími zařízeními dochází velmi často k nehodám. Ať už je to pád osob z řídicí kabiny při obsluze stroje, nebo jeho údržbě. Zároveň může dojít k pádu předmětu, s kterým je manipulováno [16]. Proto se tento typ manipulačního prostředku přímo pro kování příliš nepoužívá. V dnešní době slouží zejména pro dopravu ohřátého materiálu z pece ke kovacímu lisu, či jako pomocný prvek kovacího manipulátoru pro přidržování dlouhých, nebo tvarově složitých výkovků v průběhu kovacích operací (viz. obr. 2). Dále také slouží k přípravě a ukládání kovacího nářadí, jako jsou kovadla, zápustky, sekáče, nebo odklízejí kovářský odpad [1].



Obr. 2 Kooperace jeřábu a kovacího manipulátoru [23]

V případě potřeby je mostový jeřáb využíván při instalacích (viz. obr 3) a opravách, ať už manipulátorů, tak i kovacích lisů [12].



Obr. 3 Záběr z montážní haly DANGO & DIENENTHAL (dále jen DDS) [23]

1.2 VAHADLO

Použití vahadla je jedním ze starších způsobů manipulace s výkovky při volném kování. Princip využívá rovnováhy tyče, která je uchycena v těžišti a zavěšena na řetězu. Na jednom konci bývá upevněn ingot a druhý konec se vyvažuje nasazením kovaných vyvažovacích kotoučů (viz. obr. 4). Tento postup manipulace je velmi složitý, pomalý a zároveň i nebezpečný [20]. Kování na vahadle je závislé na zručnosti a sehranosti pracovníků, jinak řečeno závisí na lidském faktoru.



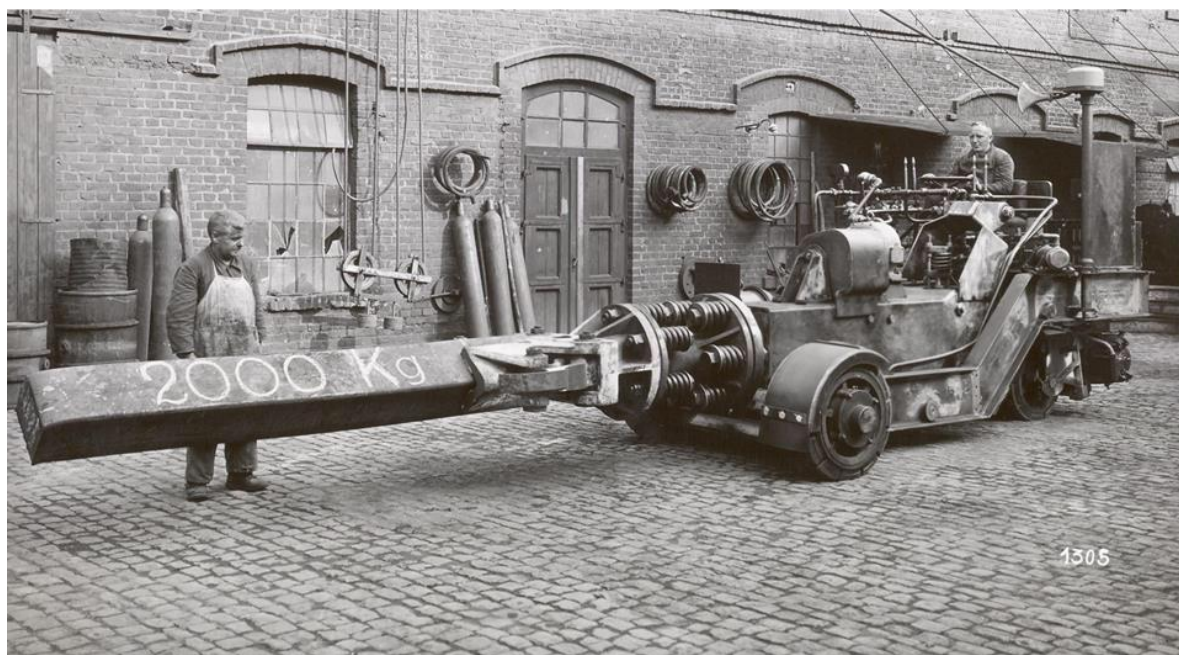
Obr. 4 Kování na vahadle [20]

1.3 MANIPULÁTOR

V průběhu let, hlavně díky výboji hydraulických mechanismů, se na trhu objevil kolejový kovací manipulátor poháněný hydraulicky. Tento typ kovacího manipulátoru dal na nedokonalosti jeřábových uchopovacích systémů zapomenout a stal se ideálním strojem pro manipulaci s výkovkem. Nyní si kovací lis bez manipulátoru jde jen těžko představit.

První kovací manipulátor byl údajně vyroben a úspěšně použit v kovárně firmy Uralmashzavod v Rusku [13].

Jedním z nynějších nejvýznamnějších výrobců je DDS. Tato německá firma vyrobila svůj první kovací manipulátor v roce 1936. Jednalo se o mobilní, respektive kolový kovací manipulátor s nosností 2 tuny (viz. obr. 5) [23].



***Obr. 5** První mobilní kovací manipulátor od DDS [23]*

2 TYPY POJEZDU KOVACÍHO MANIPULÁTORU

Kovací manipulátor je většinou jednoúčelové zařízení. Obvykle se používá ve spojení s kovacím lisem. Je nezbytný pro manipulaci s velkými, či rozměrnými výkovky. Hlavním přínosem těchto manipulátorů je zvýšení efektivity výroby, vysoká produktivita, zvýšení přesnosti výkovků a tím následně menší přídavky při následném opracování a také snížení počtu pracovníků obsluhy vzhledem k vysokému stupni automatizace [14].

Kovací manipulátor je určen k uchopení ohřátého výkovku a provádění všech pomocných operací spojených s přidržováním, otáčením a pohybem výkovku během jeho tváření pomocí lisu [12]. Kovářské manipulátory lze rozdělit na kolejové a kolové (mobilní). Dle účelu použití lze manipulátory dělit na kovací a šaržovací (transportní).

2.1 MANIPULÁTOR S KOLEJOVÝM POJEZDEM

Kolejový pojezd je vůbec ten nepoužívanější při volném kování. Při interakci výkovku s kovacím lisem je zapotřebí rychlé a přesné manipulace, což pojezd po kolejích umožňuje.

„Rám je základní částí podvozku. Rámy mohou být uzavřené, otevřené, nebo polouzavřené. Na rám podvozku působí mnoho sil způsobených tíhou vozidla, tíhou nákladu, brzděním a zrychlováním“ [22].

U manipulátoru tvoří rám hlavní nosnou konstrukci, která je svařovaná. Jindy se může jednat o dvě bočnice, které jsou spojeny příčnickem (viz. obr. 6). Na tomto rámu je zavěšen kinematický mechanismus, který nese kleště manipulátoru včetně mechanismu otáčení kleští a jejich svírání. Je to základ, který je u všech manipulátorů s kolejovým pojezdem stejný. Jedná se o velmi stabilní konstrukci. Nosný rám může být spojen se skříní pojezdu, či skříň pojezdu tvoří samostatný celek. Dále je na rámu pojezdu uchycena hydraulická stanice [36]. *„Všechny pohyby manipulátoru jsou prováděny hydraulicky, proto je stroj vybaven vlastním hydraulickým pohonem“ [10].*

Pojezd manipulátoru obsahuje hnací jednotky tvořené hydromotorem s vícestupňovou čelní nebo planetovou převodovkou sloužící pro pohyb manipulátoru. Tyto jednotky jsou zabudovány do rámu manipulátoru či bočnice. Pohyb manipulátoru je zajištěn přes speciální ozubené kolo a tvarovou tyč. Tato tyč má místo zubů čepy (cévy), pastorek má zuby podobné zubům řetězových kol. V praxi se lze setkat s názvem cévové kolo [36].



***Obr. 6** Sestavení hlavního rámu [23]*

Pro pojezd manipulátoru po kolejišti se používají pojezdová kola, která jezdí po kolejnicích. V největší míře se používají jeřábové kolejnice. Jsou známy i konstrukce slučující kolej společně s ozubenou tyčí [36]. Tato kolejnice je zapuštěna v úrovni podlahy (viz. obr. 7). Obvyklá délka kolejiště se pohybuje v řádu desítek metrů.



Obr. 7 Kolejiště manipulátoru [35]

Oproti minulosti je pohon realizován vždy hydraulicky. Pohon je mechanismus, kterým lze uvést stroj do pohybu. Vzhledem k hmotnosti manipulátoru hydraulický pohon zajišťuje poměrně vysoké hodnoty rychlostí a zrychlení. V hydraulickém obvodu přenos energie zajišťuje hydraulická kapalina [7]. „Konstrukce, hydraulické zapojení a elektrické ovládání manipulátoru umožňují pohybovat s výkovkem přímočaře ve směru všech tří souřadných os, naklápět ve vertikální i horizontální rovině a otáčet kolem podélné osy. Rychlosti pojezdu, otáčení a vertikálních pohybů jsou stupňovitě regulovatelné“ [10].

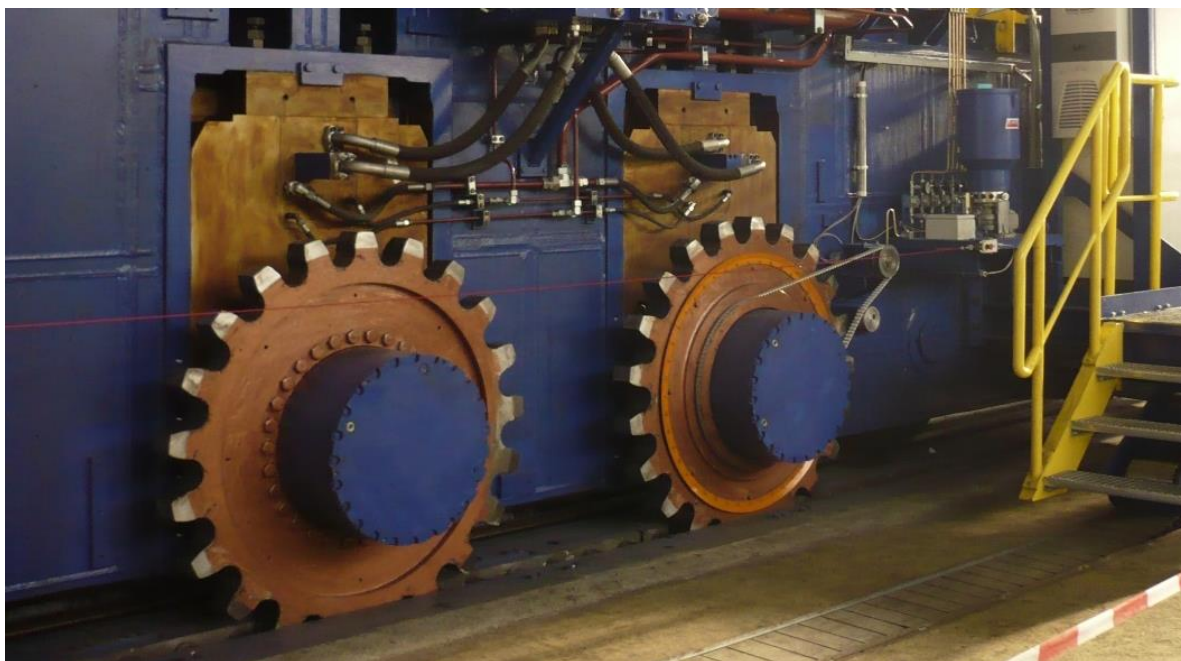


Obr. 8 Kolejový manipulátor firmy DDS s pojezdem ozubenými koly [23]

Vzhledem k požadované přesnosti výkovků, je přesnost polohování podvozku ± 1 až 5 mm dle tonáže. K odměřování pojezdu se používají ARC snímače, které jsou přes ozubení nebo ozubený řemen napojena na poháněná kola. Kolejový manipulátor umožňuje pohybovat s výkovkem v 5 až 6 osách. Pojezd podvozku vpřed a vzad je jednou z nich. Rozsah nosností vyráběných manipulátorů je v rozmezí 1 až 350 tun [36].

2.1.1 POJEZD POMOCÍ OZUBENÉHO KOLA A TVAROVÉ TYČE

Pohon zajišťuje tzv. travel drive. Jedná se o planetovou převodovku s možností přímé montáže hydromotoru. Nedílnou součástí pojezdu je ozubené kolo, které je přišroubováno k planetové převodovce. Ta je zasazena do bočnice. Tvarová tyč, do které zabírá ozubené kolo, je obvykle uložena pod úroveň podlahy (viz. obr. 9). Při provozu jsou jak ozubená kola, tak vodící tyče značně namáhané. Proto je také důležité, aby byly dobře mazané [36].



Obr. 9 Detail uložení ozubených kol [35]



Obr. 10 Manipulátor s pojezdem ozubenými koly [23]

Dříve se u manipulátoru s velkou tonáží používal velký počet ozubených kol. Mnohdy to byly až tři páry. V dnešní době jsou standardem dvě dvojice ozubených kol, a to z důvodu vymezení vůlí, z čehož vyplývá větší přesnost pojezdu [36].

Pojezd zahrnuje i dva páry kolejových kol, které jsou spojeny s bočnicí přes čep s ložisky. Tato kola nejsou poháněná. Jsou volně otočná a nesou celkovou hmotnost manipulátoru se zátěží. Dále slouží pro boční vedení manipulátoru na koleji.

V dnešní době je typ kolejového pojezdu manipulátoru s pohonem ozubenými (cévovými) koly nejpoužívanější.

Pohon pojezdu se obvykle skládá ze čtyř nezávislých hydromotorů. Během polohovací fáze jsou dva motory vyztuženy proti ostatním dvěma. Tím je zajištěna velmi vysoká přesnost polohování v kombinaci s velmi výkonným pohonem. I když je hydraulika uspořádána ve dvou stupních, někteří výrobci neoddělují pracovní a přepravní stupeň. Obě fáze jsou plně k dispozici pro práci i přepravu. Přepínání z jednoho stupně do druhého probíhá automaticky bez přerušení pohybu. Pro lepší pochopení můžeme užít srovnání s autem s dvoustupňovou automatickým převodovkou, které musí zastavit na nulovou rychlost a teprve poté lze provést přepnutí. V případě manipulátoru je automatická převodovka ve formě velmi rychlého spínacího hydraulického zařízení. Smysl spočívá v tom, že přepínání se provádí automaticky v plné síle [35].

UPEVNĚNÍ POHONU V RÁMU – NAPEVNO

Jedná se o tuhou svařovanou konstrukci (viz. obr. 11), u které není nutné seřizovat vůle. Není zde požadavek na vyšší přesnost výroby [36].



Obr. 11 Svařenec rámové konstrukce [25]

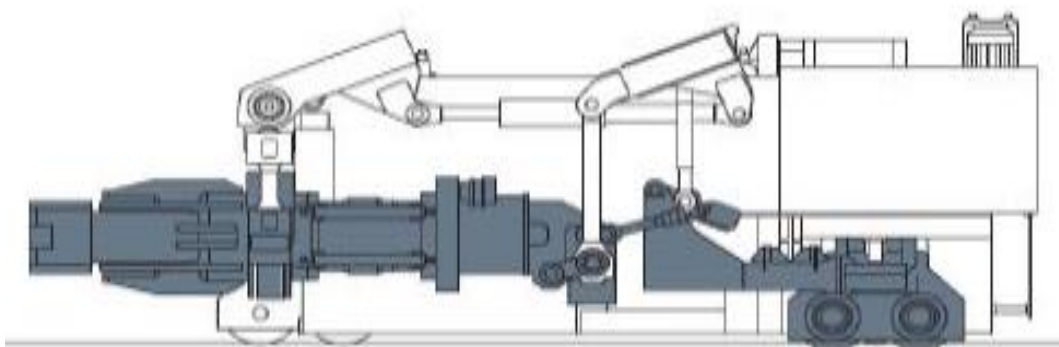
U různých výrobců manipulátorů se lze často setkat s odlišným zasazením planetových převodovek. Převodovku lze totiž zasadit jak vně, tak zevnitř bočnice.

Další možností pohonu je radiální pomaluběžný hydromotor firmy Poclain Hydraulics, který dosahuje velmi vysokého krouticího momentu při nízkých rychlostech [36].

EFEKTIVNÍ ŘEŠENÍ POJEZDOVÉHO MECHANISMU

U manipulátoru pro volné kování je důležitým parametrem rychlost, respektive zrychlení, s jakým se bude moci manipulátor pohybovat společně s výkovkem. Od toho se odvíjí také strojní čas, úspora energie, nebo kvalita kování. Existují různé způsoby, jak toho dosáhnout. Jedním z jich je zvýšení kapacity pohonu, z čehož vyplývá navýšení hnací síly manipulátoru a tím zvýšení výsledného zrychlení a rychlosti. Tato možnost má ale za následek vysokou spotřebu energie a také je ekonomicky nevýhodná.

Německá firma GLAMA přišla v 90. letech 20. století s revolučním řešením pojezdu svých manipulátorů. Díky rozdělení celkové hmotnosti manipulátoru na dvě části (prakticky jde o oddělení uchopovacího mechanismu od rámu stroje viz. obr. 12), kdy se jedna část dokáže pohybovat s odlišným zrychlením než druhá, je dosaženo nárůstu zrychlení bez nutnosti změny pohonného ústrojí. Ta část manipulátoru, která nese skříň kleští s kleštěmi, převodovku a hnací převody (asi 40 % celkové hmotnosti), je urychlována s vyšším zrychlením. Druhá část zahrnující rám, hydraulický systém, kola atd. je také v pohybu, avšak nedosahuje tak vysokého zrychlení [2].



Obr. 12 Manipulátor firmy GLAMA s rozdělením hmotnosti [2]

Německá firma DDS zařadila v loňském roce do svých špičkových modelů manipulátorů funkci rekuperace energie. Jedná se o systém zvaný ERS, který snižuje spotřebu energie pohonu až o 70 % a čas potřebný pro manipulaci s výkovky u lisu až o 30 %. V důsledku toho se kování stává efektivnějším. Použití tohoto systému snižuje průtokové ztráty v hydraulickém systému a hydraulická kapalina se méně zahřívá. To znamená, že je na chlazení kapaliny zapotřebí menší množství energie. I s nižším instalovaným výkonem dosahují systémy ERS zvýšení rychlosti i přesnosti provozu. Tím se také snižují provozní náklady [15].



Obr. 13 Manipulátor řady SSM se systémem ERS [15]

2.1.2 POJEZD POMOCÍ ŘETĚZU

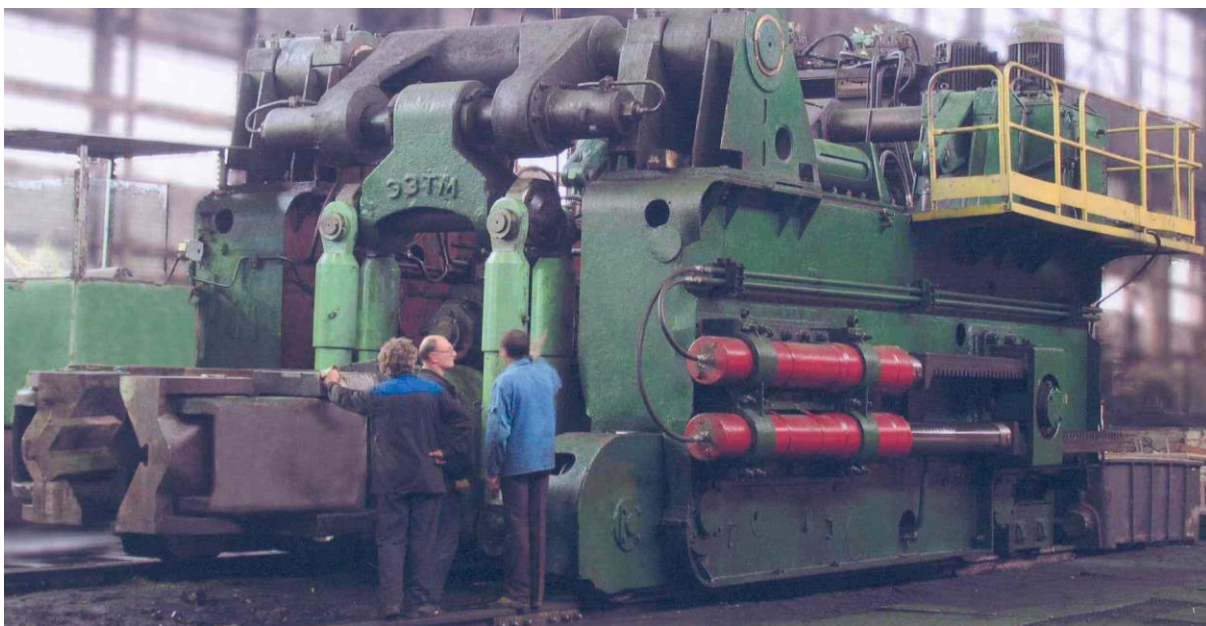
Tento typ pojezdu se v podstatě příliš neliší od pojezdu v kapitole 2.1.1. Pohon zajišťuje řetězové kolo na každé straně, které zabírá do řetězu. Ozubené kolo je poháněno hydromotorem přes převodovku. Toto hnací ústrojí je vsazeno do bočnice. Díky němu se manipulátor pohybuje po kolejnici.

Řetěz je uložen do vyfrézované drážky, hned vedle kolejiště v úrovni podlahy. Řetěz má po určitých vzdálenostech vyčnívající neboli delší čepy, které jsou přes domečky přichyceny k loži. Kdyby tomu tak nebylo, tak se řetěz v krátkém čase vytáhá a přetrhne [36].

Pohon pomocí řetězového převodu je vzhledem k účinnosti, která při správném mazání dosahuje vysokých hodnot, velmi výhodný a levný. V průběhu let se však ukázalo, že při provozu dochází k velkému namáhání řetězu, tudíž se řetěz musel po určitém pracovním cyklu měnit. Tato skutečnost způsobila, že se tento způsob pohonu dnes již prakticky nepoužívá.

2.1.3 HŘEBENOVÝ POJEZD

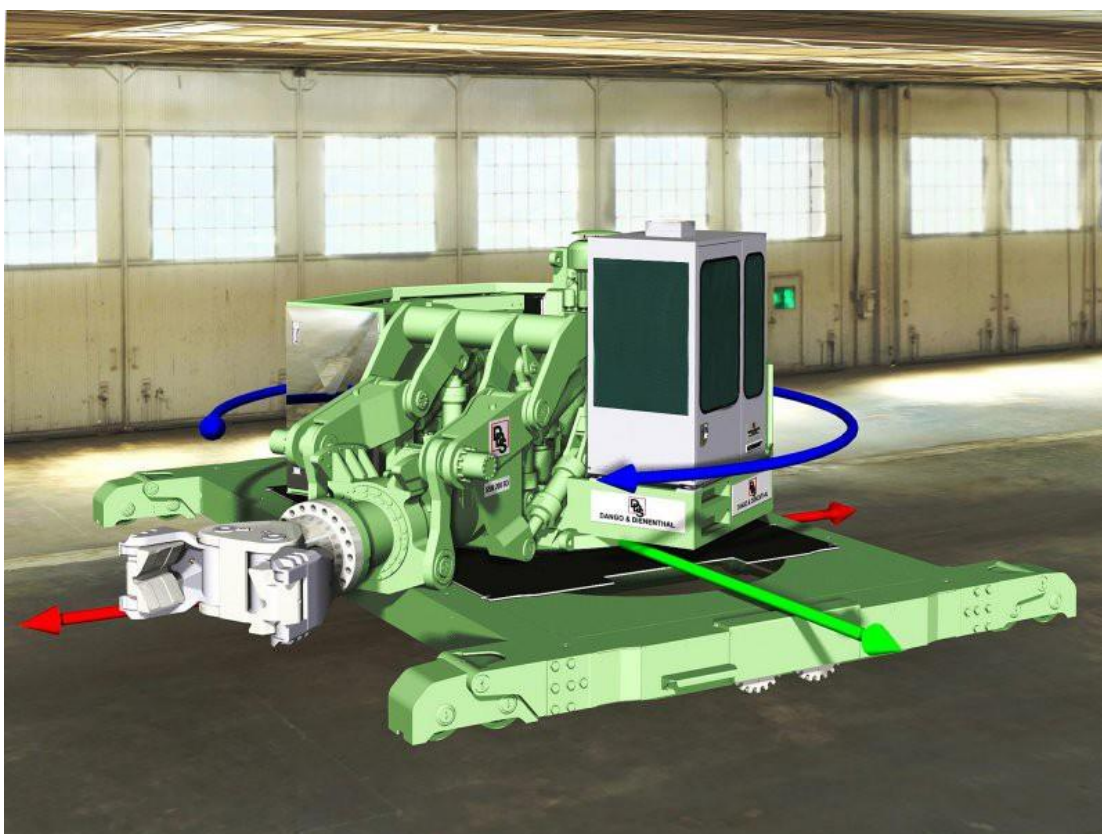
Při pohonu hřebenovým mechanismem dochází ke změně přímočarého pohybu na rotační tím, že zuby hnacího ozubeného kola zabírají do hřebenu. Jak hřebeny v hřebenovém pohonu procházejí, vyměňují se místa v cyklu, což umožňuje relativně snadno regulovat síly [17]. Velkou výhodou hřebenového pohonu je jeho účinnost. V zadní části rámu manipulátoru na obr. 14 si lze všimnout dvojice hřebců.



Obr. 14 Manipulátor s hřebenovým pojezdem [35]

2.1.4 MOSTOVÝ ŠIROKOROSCHODNÝ MANIPULÁTOR

Jedná se o speciální typ manipulátoru s mostovou konstrukcí, který je schopen pojíždět po kolejích. Zároveň ale může mechanismus s kleštěmi a obsluhy pojíždět ve směru kolmém na kolejiště a dále ještě rotovat kolem své osy (viz. obr. 15). Díky tomu je velmi výhodný, jelikož tento typ manipulátoru může sloužit jako kovací, tak šaržovací. U některých typů tato rotace kolem své osy chybí. Nevýhodou je složitější konstrukce a požadavek na větší zástavbový prostor [1, 3, 36].



Obr. 15 Mostový manipulátor s otočným ramenem kolem svislé osy [3]

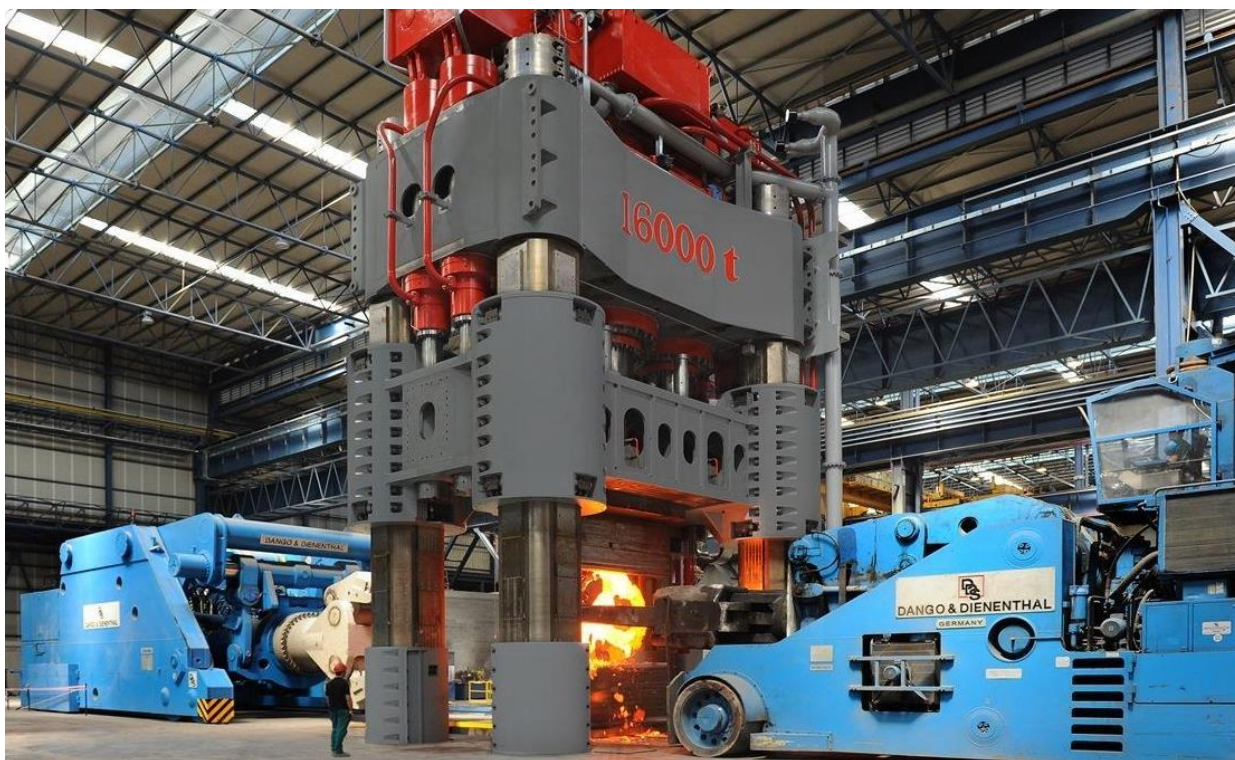
2.2 MANIPULÁTOR S KOLOVÝM POJEZDEM

Tento manipulátor nemá žádnou pevnou vazbu k podlaze, tudíž se může pohybovat po celém pracovním prostoru kovárny. To umožňuje obsluhovat, kromě několika lisů, také ohřívací pece nebo jiná zařízení [1]. Kolejový manipulátor je většinou menších rozměrů. Slouží většinou k dopravení ohřátého materiálu od pece ke kovacímu manipulátoru, nebo na zavážení materiálu do pece. Neobvyklé ale není ani použití těchto manipulátorů pro manipulaci přímo u kovacího lisu. S výkovkem, který nesou kleště manipulátoru, lze otáčet a pohybovat s ním jak ve svislé, tak i vodorovné rovině. Rozsah nosností vyráběných manipulátorů je v rozmezí od 0,5 do 150 tun [36].

Stejně jako u kolejového manipulátoru, má i kolový manipulátor 5 až 6 pracovních os. Zde se však k pojezdu vpřed a vzad přidává možnost zatačení doleva a doprava.

Koncepce podvozku je u všech typů kolového manipulátoru identická. Rozlišuje se pouze pohon zadních, nebo předních kol. Při provozu kolového manipulátoru může nastat okamžik, kdy z důvodu nerovnosti povrchu ztratí jedno z kol kontakt s pojížděným povrchem. Vzhledem k poloze výkovku se tak stane spíše na kolech zadních, z toho důvodu je lepší pohon předních kol. Zadní kola jsou dvojítá a slouží k řízení.

Při volném kování je běžně využíváno výhodných vlastností obou typů podvozků, tedy že kolový manipulátor spolupracuje s kolejovým manipulátorem (viz. obr. 16).

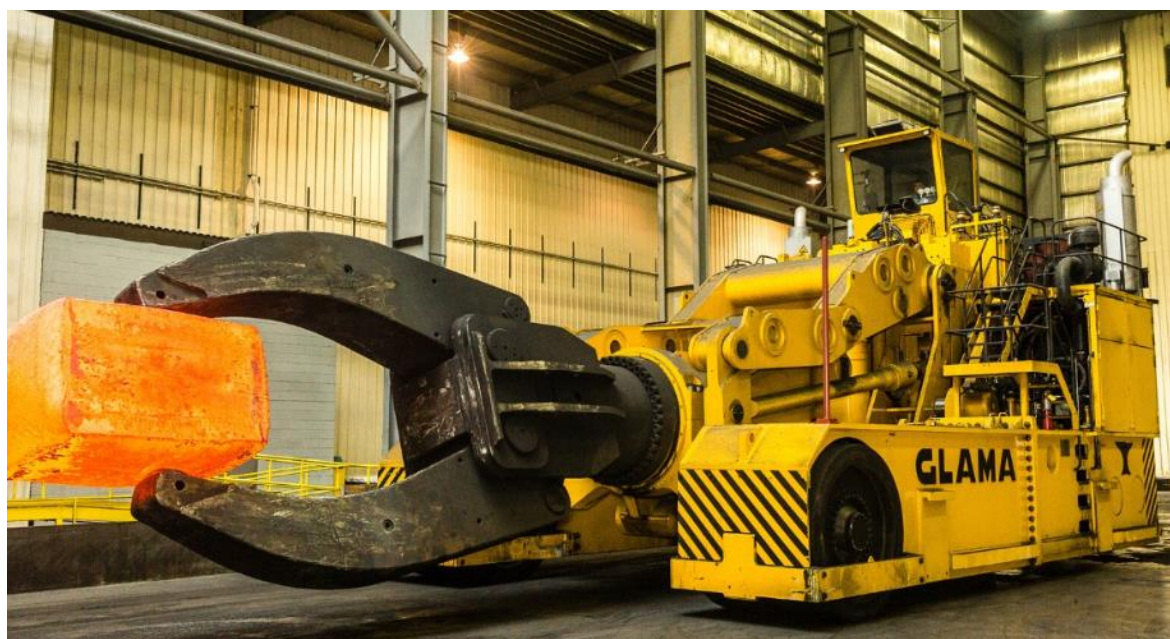


Obr. 16 Kombinace kolejového a kolového manipulátoru [23]

2.2.1 KOVACÍ MANIPULÁTOR

Kolový kovací manipulátor se využívá jak pro manipulaci s výkovky v průběhu procesu kování, tak zároveň pro transport materiálu od pece ke kovacímu lisu.

Pohon je zajištěn elektrickým, nebo spalovacím motorem. V případě elektrického motoru je akční rádius omezován délkou přívodního kabelu. V případě použití spalovacího, respektive dieselového motoru, zůstává akční rádius neomezen [1]. Nevýhodou použití spalovacího motoru je samozřejmě vznik spalin.



***Obr. 17** Kolový kovací manipulátor při manipulaci s výkovkem u pece [35]*

2.2.2 TRANSPORTNÍ (ŠARŽOVACÍ) MANIPULÁTOR

Kolový transportní manipulátor se používá pouze pro zavážení materiálu do pece, transportu ke kovacímu lisu a transportu na odkládací místo pro hotové výkovky. Od kolového kovacího manipulátoru se liší hlavně uchopovacím mechanismem. Podvozek i způsob pohonu je takřka totožný.



Obr. 18 Transportní manipulátor německé firmy GLAMA [35]

KOLA MANIPULÁTORU

Vzhledem k tomu, že kolový manipulátor slouží v provozech s vyšší teplotou, mají kola těchto manipulátorů plný profil (viz. obr. 19). Zpočátku se pro pogumovávání disků kol používal NBR (Nitril Butadien Rubber). Kola jsou v dnešní době vyráběna především z materiálu Vulkollan, která dovolují vyšší zatížení na nápravu [36]. Odlitky a polotovary z Vulkollanu se vyznačují vysokou odolností proti opotřebení a mechanickému i fyzikálnímu namáhání [18].



Obr. 19 Detail na kola šaržovacího manipulátoru [23]

VYSOKOZDVIŽNÝ VOZÍK SE SPECIÁLNÍM PŘÍSLUŠENSTVÍM

V některých provozech se běžně používá jistá modifikace kolového typu manipulátoru. Jedná se o vysokozdvížný vozík (slangově zvaný ještěrka), který má na svém vysokozdvížném rámu místo vidlicového nosiče uchyceny kleště pro manipulaci s výkovky (viz. obrázek 20).

Primárně se používají jako transportní, méně často pak jako kovací, a to při nižších tonážích. Stejně jako u ostatních typů kolového manipulátoru mají kola plný profil.

Velkou nevýhodou je, že výhled na výkovek je neustále blokován zvedacím mechanismem před obsluhou vysokozdvížného vozíku. Důvody použití tohoto typu manipulátoru jsou hlavně ekonomického rázu. Tato modifikace představuje multifunkční stroj, čímž kovací manipulátor rozhodně není.



Obr. 20 Modifikace vysokozdvížného vozíku od Linde Material Handling [24]

3 ZHODNOCENÍ REŠERŠE

V průběhu let se vyvinulo několik způsobů pojezdů kovacích manipulátorů. Jeřábové mechanismy sice svou funkci plnily, nejednalo se ale o příliš efektivní metodu pojezdu, nehledě na bezpečnost provozu. Zřejmě i tato skutečnost nakonec zapříčinila, že se jeřábové pojezdy dnes již pro přímou manipulaci s výkovkem příliš nepoužívají.

Použití manipulátoru znamenalo zefektivnění výroby a zvýšení bezpečnosti při volném kování. Rychlá a přesná manipulace s výkovkem, v řádech milimetrů, je rozhodně důležitá. Manipulátory k velkým lisům však představují obří investice. Jedná se o zakázkově vyráběný stroj a vyšší pořizovací cenu vykompenzuje účinnost a životnost stroje.

Hydraulický pohon je jednou z dražších variant, avšak pro pohon manipulátoru pro volné kování je ideální. Hydraulika umožňuje snadnou regulaci a velmi široký rozsah rychlostí a výsledných pracovních sil.

Pojezd pomocí ozubených kol, která zabírají do tvarové tyče, patří mezi kolejovými manipulátory k nejčastějším. Ekonomické důvody v minulém století však způsobily, že se více používal pojezd s řetězem. Ten však vykazoval několik slabín. Tou nejvýznamnější byla kratší životnost, tudíž byl s postupem času znovu nahrazen pojezdem ozubenými koly s tvarovou tyčí.

4 KONCEPČNÍ NÁVRH PODVOZKU MANIPULÁTORU QKK 20

Zadané parametry, které jsou výchozí pro koncepční návrh, odpovídají manipulatoru s označením QKK 20, tedy manipulatoru od firmy ZDAS a.s. Pro manipulator je zvolen podvozek s pohonem ozubenými koly, tudíž se manipulator pohybuje po dvou kolejnicích a po dvojici tvarových tyčí. Kolejová kola nejsou poháněna. Kola a pohonné jednotky jsou zasazeny do bočnice. Bočnice spojené příčnickem tvoří hlavní rám manipulatoru, který nese tu nejdůležitější část výsledného manipulatoru (skříň kleští s uchopovacím zařízením).

Koncepční návrh je realizován v programu Autodesk Inventor.

4.1 NÁVRH POHONU

Pohon je hydraulický. Hydraulický pohon totiž dokáže vyvodit velmi vysoké provozní síly. Přestože bude pohonná jednotka od čerpadla poměrně vzdálená, nebude v obvodu docházet k tlakovým ztrátám. To je jedna z výhod hydraulických pohonů. Na druhé straně však složitost a počet prvků v hydraulickém pohonu znamená dražší realizaci a nárůst výsledné hmotnosti pohonu. To však při návrhu manipulatoru, jednoznačně kusově vyráběného stroje, nehraje roli. Nevýhodou je ovšem možný únik hydraulického média, který může mít za následek znečištění stroje a následnou poruchu. Takový únik může být nebezpečný i z důvodu, že pracovní médium (hydraulický olej) je hořlavé [11].

Každé poháněné kolo má svou pohonnou jednotku, která se skládá z hydromotoru a planetové převodovky. Provozní tlak v hydraulickém obvodu je obvykle 20 MPa.

V praxi je časté rozdílné zapojení hydromotorů, respektive sériové, či paralelní. Každý typ zapojení má rozdílné účinky na výsledný chod.

Při sériovém zapojení je k dispozici plná rychlost pojezdu, díky rozdělení průtoku do dvou větví. Na každý motor ve větvi se ale dostává pouze poloviční tlak, tudíž zde je k dispozici poloviční moment. Protože v hydraulickém obvodu dochází k průtokovým ztrátám, otáčky v každém hydromotoru nebudou vždy naprosto stejné. Variantu sériového zapojení nelze použít tam, kde je požadována synchronizace otáček. Při paralelním zapojení hydromotorů je k dispozici plný krouticí moment, jelikož na každém hydromotoru je maximální tlak. Kvůli rozdělení průtoku do hydromotorů zvlášť lze využít pouze poloviční rychlost pojezdu [19, 21].

Ze vzorce $P = M_K \cdot \omega = M_K \cdot 2\pi \cdot n$ (kde M_K je krouticí moment, ω úhlová rychlost a n počet otáček) vyplývá, že způsoby různého zapojení hydromotorů mají vliv na výsledný výkon.

Při návrhu pohonu je zapotřebí několik dalších parametrů. Díky úzké spolupráci s konstruktéry z firmy ŽĐAS a.s. mi bylo umožněno nahlédnout do archivních podkladů k navrhovanému manipulátoru. Při návrhu se dále pokračuje se známými parametry poháněného ozubeného kola. Dále je znám převodový poměr planetové převodovky a přibližný tlak v hydraulickém obvodu.

4.1.1 DALŠÍ POTŘEBNÉ PARAMETRY PRO VÝPOČET

Počet poháněných kol: 4

$D_k = 676,4085$ mm (roztečný průměr poháněného kola)

$i = 81,2$ (převodový poměr planetové převodovky)

$p = 20$ MPa (pracovní tlak v hydraulickém obvodu)

$\eta_V = 0,98$ (objemová účinnost hydromotoru)

$\eta_{MH} = 0,95$ (mechanicko-hydraulická účinnost hydromotoru)

$\eta_{PR} = 0,95$ (celková účinnost třístupňového planetového převodu)

4.1.2 VÝPOČET A VOLBA POTŘEBNÉHO HYDROMOTORU

Jedním z nejdůležitějších zadaných parametrů je požadované zrychlení se zátěží, po jehož dosazení do Newtonova pohybového zákona je získána síla potřebná pro rozběh manipulátoru (viz. rov. 1).

$$F = (m + m_v) \cdot a = (80\,000 + 20\,000) \cdot 2 = 200\,000 \text{ N} \quad (1)$$

Při reálném provozu manipulátoru proti směru pohybu klade odpor několik vlivů. Jak je již zmíněno v kapitole 2.2, tyto vlivy jsou vzhledem k síle pohonu a k vysokým pracovním silám nepodstatné a při návrhu se zanedbávají.

Síla potřebná pro rozpohybování manipulátoru je minimálně 200 kN. Po vydělení této síly počtem poháněných ozubených kol (viz. rov. 2), je výsledkem požadovaná síla na jedno kolo.

$$F_o = \frac{F}{4} = \frac{200\,000}{4} = 50\,000 \text{ N} \quad (2)$$

Díky známému průměru poháněného kola lze určit z rov. 3 kroutící moment na kole.

$$M_{KK} = F_o \cdot \frac{D_K}{2} = 50\,000 \cdot \frac{0,6764085}{2} = 16\,910,22 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (3)$$

Ze známé kovací rychlosti lze dopočítat otáčky kola (rov. 4).

$$n_K = \frac{v_K}{\pi \cdot D_K} = \frac{25}{\pi \cdot 0,6764085} = 11,77 \text{ min}^{-1} \quad (4)$$

Přes zadaný převodový poměr lze dopočítat otáčky hydromotoru (rov. 5). Z převodového poměru lze také získat kroutící moment na hydromotoru (rov. 6), což je parametr definující potřebnou velikost hydromotoru.

$$n_H = n_K \cdot i = 11,77 \cdot 81,2 = 955,73 \text{ min}^{-1} \quad (5)$$

$$M_{KH} = \frac{M_{KK}}{i} = \frac{16\,910,22}{81,2} = 208,25 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (6)$$

Ze vzorce z katalogového listu BOSCH REXROTH [26] již lze vyjádřit a spočítat potřebný geometrický objem hydromotoru (rov. 7). Z důvodu možných ztrát v hydraulickém obvodu je v rov. 7 dosazeno místo 20 MPa 19 MPa, čímž jsou tyto případné ztráty zahrnuty do výpočtu a eliminuje to tak jejich případný vliv. Ze vzorce vyplývá, že čím nižší je hodnota tlaku, tím vyšší je potřebný geometrický objem hydromotoru.

Geometrický objem je jedním z charakteristických parametrů hydromotorů. Jedná se o objem zaplňovaný kapalinou při otočení rotačního hydromotoru o 1 otáčku [4].

$$M_{KH} = \frac{V_g \cdot p \cdot \eta_{MH}}{20 \cdot \pi} \Rightarrow V_g = \frac{20 \cdot \pi \cdot M_{KH}}{p \cdot \eta_{MH}} = \frac{20 \cdot \pi \cdot 208,25}{190 \cdot 0,95} = 72,5 \text{ cm}^3 \quad (7)$$

Při pohledu do katalogu je patrné, že vyráběný hydromotor potřebného typu s nejbližším vyšším geometrickým objemem je hydromotor s označením A6VM107, tedy s $V_g = 107 \text{ cm}^3$. Zvolený objem motoru je o dost větší než objem stanovený výpočtem. Díky této skutečnosti je možné říct, že hydromotory jsou schopny uvést manipulátor do pohybu i přes různé vnější vlivy, které budou klást proti pohybu jistý odpor.

S pomocí katalogu lze dopočítat ostatní parametry zvoleného hydromotoru, jako je průtok při max. geometrickém objemu (rov. 8) a výkon (rov. 9).

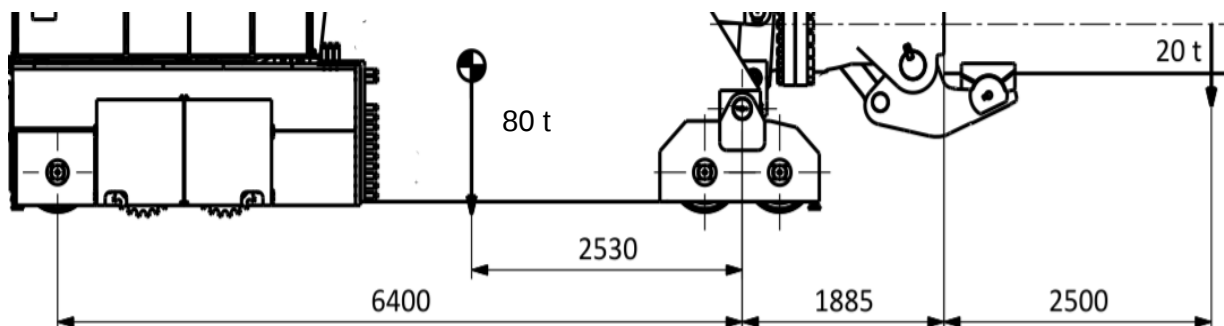
$$q_V = \frac{V_g \cdot n_H}{1\,000 \cdot \eta_V} = \frac{107 \cdot 955,73}{1\,000 \cdot 0,98} = 104,35 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} \quad (8)$$

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot M_{KH} \cdot n_H}{60\,000} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 208,25 \cdot 955,73}{60\,000} = 20,84 \text{ kW} \quad (9)$$

4.2 ROZBOR SILOVÝCH PARAMETRŮ

4.2.1 VÝPOČET SIL PŮSOBÍCÍCH NA POJEZDOVÁ KOLA

Z nákresu silových a rozměrových parametrů (viz. obr. 21) lze pomocí rovnic statické rovnováhy vyjádřit síly F_{k1} a F_{k2} , které budou působit na kolejová kola (viz. rov. 14, resp. 15).

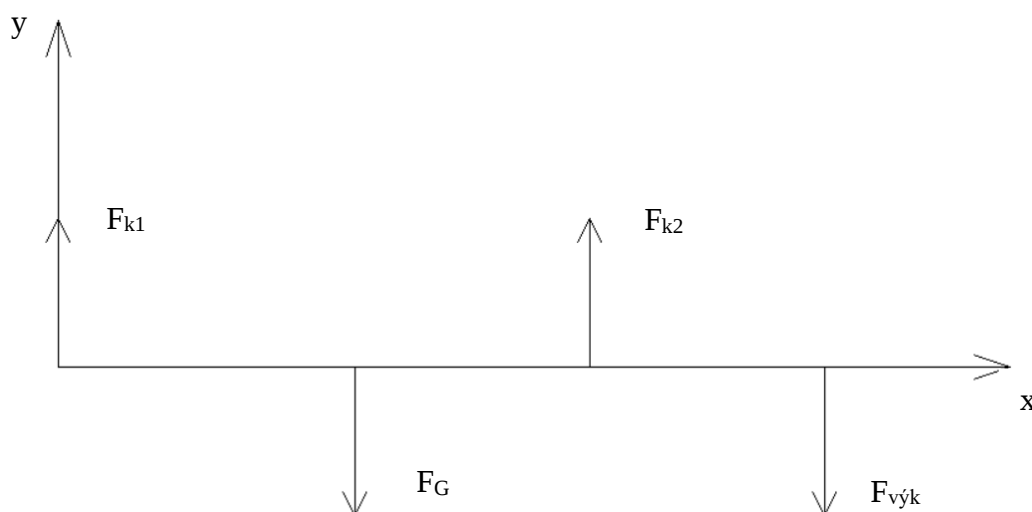


Obr. 21 Schematický nákres rozměrů a sil [36]

Jedná se o symetrickou úlohu (je počítáno s polovičními hodnotami tíhových sil manipulátoru a výkovku).

$$F_G = \frac{m}{2} \cdot g = \frac{80\,000}{2} \cdot 9,81 = 392\,400\,N \quad (10)$$

$$F_{výk} = \frac{m_v}{2} \cdot g = \frac{20\,000}{2} \cdot 9,81 = 98\,100\,N \quad (11)$$



Obr. 22 Nákres působících sil

$$\sum F_y = 0: F_{k1} + F_{k2} - F_G - F_{výk} = 0 \quad (12)$$

$$\sum M_{oz} = 0: -F_G \cdot 3\,870 + F_{k2} \cdot 6\,400 - F_{výk} \cdot 10\,785 = 0 \quad (13)$$

$$F_{k2} = \frac{F_G \cdot 3\,870 + F_{výk} \cdot 10\,785}{6\,400} = \frac{392\,400 \cdot 3\,870 + 98\,100 \cdot 10\,785}{6\,400} \quad (14)$$

$$F_{k2} = 402\,593,2 \text{ N}$$

$$F_{k1} = F_{výk} + F_G - F_{k2} = 98\,100 + 392\,400 - 402\,593,2 = 87\,906,8 \text{ N} \quad (15)$$

Při provozu se však může stát, že se zátěž, kterou tvoří manipulátor společně s výkovkem, rozdělí nerovnoměrně a zkoncentruje se pouze na dvě, nebo dokonce jen na jedno kolejové kolo. Této skutečnosti lze předejít použitím vahadla pro přední kola (viz. obr. 21), čímž je dosaženo rovnoměrnějšího rozložení váhy mezi jednotlivá kola. Pro kontrolní výpočet vahadla a návrhy čepů je počítáno se zatížením, které tvoří 75 % z celkové váhy manipulátoru (rov. 16).

$$F_{kV} = 0,75 \cdot F_k = 0,75 \cdot 981\,000 = 735\,750 \text{ N} \quad (16)$$

4.2.2 VÝPOČET ČEPU VAHADLA

Pro čep, který slouží k uložení vahadla v bočnici, byl zvolen materiál 12 050. Tento materiál se používá pro strojní součásti namáhané staticky i dynamicky, zejména pak pro hřídele a čepy. Pro polotovary o průměru od 100 do 300 mm je minimální hodnota meze kluzu rovna 285 MPa [31]. Jelikož dominantním namáháním u čepů je střih, z rovnice 17 lze vyjádřit minimální průměr čepu.

$$\tau_s = \frac{F_{kV}}{S_{pr}} = \frac{F_{kV}}{\frac{\pi \cdot d_{čv}^2}{4}} \leq \tau_{SD} \Rightarrow d_{čv} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{kV}}{\pi \cdot 0,6 \cdot R_{e \min}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 735\,750}{\pi \cdot 0,6 \cdot 285}} = 74,02 \text{ mm} \quad (17)$$

Na základě výpočtu byl vzhledem k vysoké hodnotě otláčení ložisek v kap. 4.2.3 zvolen čep s průměrem 150 mm.

4.2.3 VÝPOČET LOŽISKA

Pro uložení čepu ve vahadle slouží kluzné ložisko. Dle zvoleného průměru čepu byla vybrána dvojice bronzových ložisek s označením PBM 150170240 M1G1 [32]. Uložení bylo dále ověřeno na otláčení ložisek (viz. rov. 18).

$$p_l = \frac{F_{kV}}{n \cdot d_{čv} \cdot l_l} \leq p_{Dl} \quad (18)$$

$$l_l = 240 \text{ mm} \dots \text{šířka ložiska}$$

$$p_{Dl} = 25 \text{ MPa} \dots \text{dovolený tlak}$$

$$p_l = \frac{735\,750}{2 \cdot 150 \cdot 240} = 15,328 \approx 15,4 \text{ MPa}$$

$p_l \leq p_{Dl} \dots$ vyhovuje

4.2.4 VÝPOČET ČEPU KOLEJOVÝCH KOL

Pro čep, který slouží k uložení dvojice pojezdových kol ve vahadle, byl stejně jako v případě čepu vahadla vybrán materiál 12 050. Pro polotovary o průměru od 40 do 100 mm je minimální hodnota meze kluzu rovna 305 MPa [31]. Z rovnice 19 vyplývá minimální průměr čepu.

$$\tau_s = \frac{\frac{F_{kV}}{2}}{S_{pr}} = \frac{\frac{F_{kV}}{2}}{\frac{\pi \cdot d_\xi^2}{4}} \leq \tau_{SD} \Rightarrow d_\xi = \sqrt{\frac{4 \cdot \frac{F_{kV}}{2}}{\pi \cdot 0,6 \cdot R_{e \min}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \frac{735\,750}{2}}{\pi \cdot 0,6 \cdot 305}} = 50,6 \text{ mm} \quad (19)$$

Na základě normy DIN 15078 bylo zvoleno kolo s otvorem pro čep s průměrem 80 mm [28].

4.2.5 VÝPOČET LOŽISEK KOLEJOVÝCH KOL

Z normy DIN 15078 vyplývá použití dvojice dvouřadých soudečkových ložisek. Z katalogu SKF bylo zvoleno ložisko s označením 23220 CC/W33 [33]. V rovnicích 21 a 23 je stanoven statický součinitel bezpečnosti, respektive základní trvanlivost jednoho ložiska při zatížení vahadla definovaného v rov. 16. Toto zatížení se rozdělí mezi dvě kolejová kola, přičemž každé je opatřeno dvěma ložisky. Přibližně tak připadá na jedno ložisko čtvrtina celkového zatížení z rov. 16.

$$F_{rad} = \frac{F_{kV}}{4} = \frac{735\,750}{4} = 183\,937,5 \text{ N} = 183,938 \text{ kN} \quad (20)$$

$C_0 = 600 \text{ kN} \dots$ statická únosnost ložiska

$$S_0 = \frac{C_0}{P_0} = \frac{C_0}{F_{rad}} = \frac{600}{183,938} = 3,26 \quad (21)$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n = \frac{v_k}{\frac{d_k}{2}} \Rightarrow n = \frac{v_k}{2 \cdot \pi \cdot \frac{d_k}{2}} = \frac{25}{2 \cdot \pi \cdot 0,2} = 19,9 \text{ min}^{-1} \quad (22)$$

$C = 498 \text{ kN} \dots$ dynamická únosnost ložiska

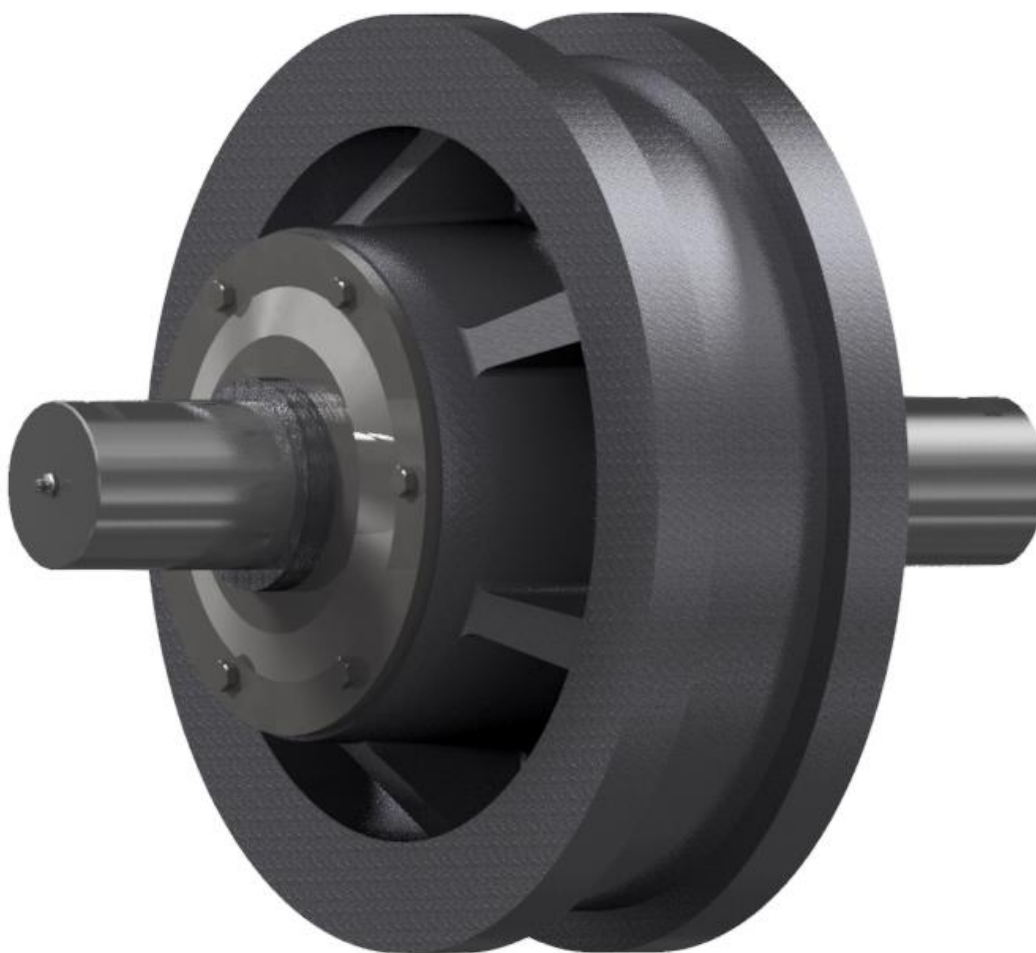
$$L_{10} = \frac{C^a}{F} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} = \frac{498^{\frac{10}{3}}}{183,938} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 19,9} = 23\,166,2 \text{ h} \quad (23)$$

Z výpočtu je patrné, že ložiska jsou dostatečně bezpečná i s ohledem na nerovnoměrné rozložení zatížení mezi jednotlivá kola, či ložiska.

4.3 KONSTRUKČNÍ UZLY PODVOZKU

4.3.1 KOLEJOVÉ KOLO

Kolejové kolo slouží pro vedení manipulátoru v koleji, zároveň to je i nosný prvek a přenáší celou váhu manipulátoru. Kolejové kolo je uchyceno na čepu v bočnici. Uložení kola je realizováno dle normy DIN 15078 (viz. obr. 23) [28, 29, 30]. Čep kola je vyroben materiálu 12 050. Po obvodu a ve středu je čep opatřen vrtáním pro mazání ložisek. Vůči axiálnímu posuvu je čep zajištěn pomocí příložek. Pojezdová kola s nákolky budou součástí pouze jedné bočnice. Ve druhé bočnici budou uložena kola bez nákolků, a to z důvodu nižších požadavků na přesnost ustavení kolejí.



Obr. 23 Sestava uložení kolejového kola

4.3.2 OZUBENÉ KOLO A TVAROVÁ TYČ

Ozubené kolo je společně s tvarovou tyčí jedním z nejdůležitějších prvků podvozku. Jedná se o kombinaci kolíkové / hřebenové konstrukce tvarové tyče a ozubeného kola se speciálním ozubením. Tato kombinace je vhodná pro rotující nebo lineární pohonné jednotky. Pohonem těchto kol a jejich záběrem do tvarové tyče je získáván požadovaný přímočarý pohyb podvozku. Ozubená kola jsou vyráběna z oceli vhodné k zušlechťení. Z důvodu zkřehnutí se povrchově zakalí pouze boky zubů [36]. Tvarová tyč může být tvořena dutými kolíky, které jsou spojeny šroubem, nebo plnými čepy z materiálu vhodného pro povrchové kalení. Tyč je uložena v úrovni podlahy ve svařovaném žlabu, hned vedle pojezdové koleje.

4.3.3 HYDROMOTOR

Na základě výpočtu z kapitoly 6.1.2 byl zvolen regulační hydromotor od firmy Bosch Rexroth, respektive typ A6VM s geometrickým objemem 107 cm^3 [26]. Celkově pohon navrhovaného manipulátoru čítá čtyři tyto hydromotory.



Obr. 24 Hydromotor Bosch Rexroth A6VM 107 [26]

4.3.4 PLANETOVÁ PŘEVODOVKA

Vzhledem k vnitřnímu průměru ozubeného kola je třeba vybrat planetovou převodovku se shodným upínacím průměrem. Z katalogu firmy Bonfiglioli byla zvolena převodovka s označením 713 C3 B, která zároveň splňuje veškeré další požadované parametry [27].

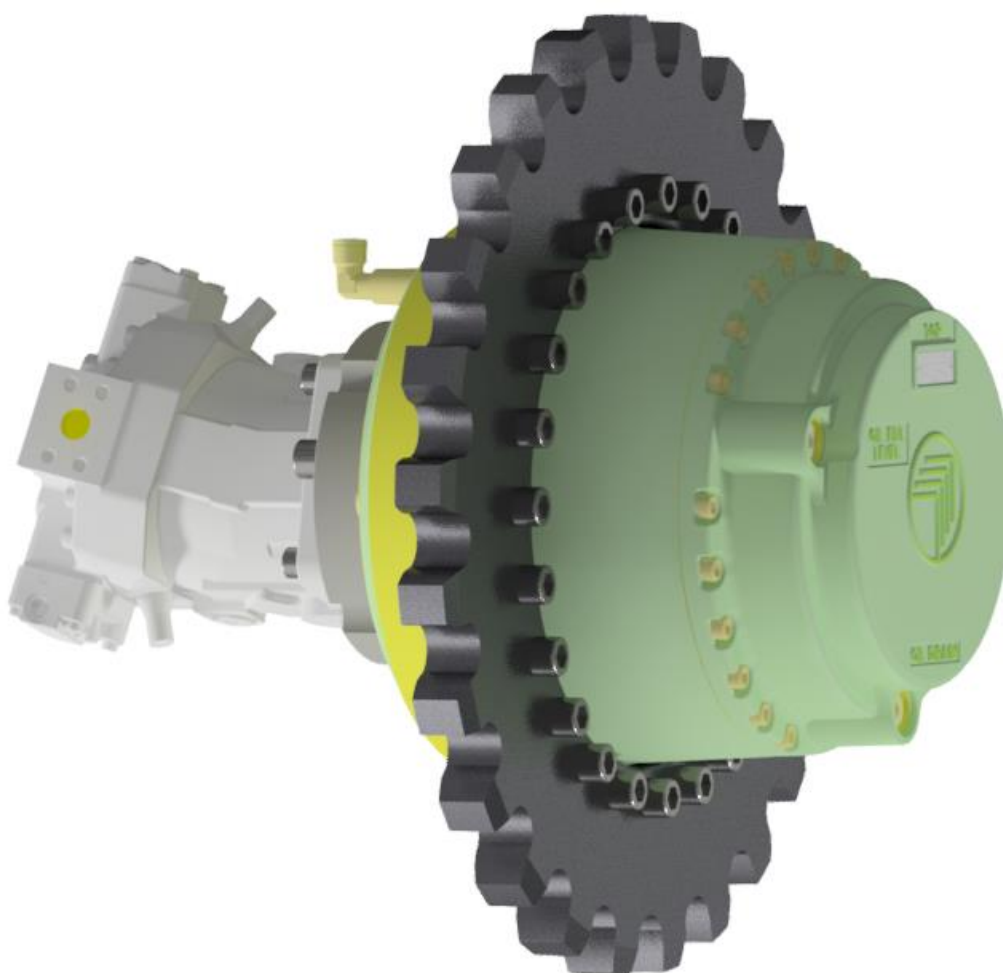


***Obr. 25** Planetová převodovka Bonfiglioli 711 C3 B [27]*

Při pohledu na pohonnou jednotku je patrné, že právě planetová převodovka, která nese ozubené kolo, je při provozu značně namáháná. Mohou se zde vyskytnout deformace v řádu setin až desetin milimetrů. Avšak k výpočtu, který je poměrně složitý, je třeba znát několik hodnot, které nejsou snadno zjistitelné, např. tuhost krytu převodovky. Z těchto důvodů se výpočty podobného typu ani v praxi neprovádí, na starosti je mají výrobci jednotlivých komponent.

4.3.5 POHONNÁ JEDNOTKA

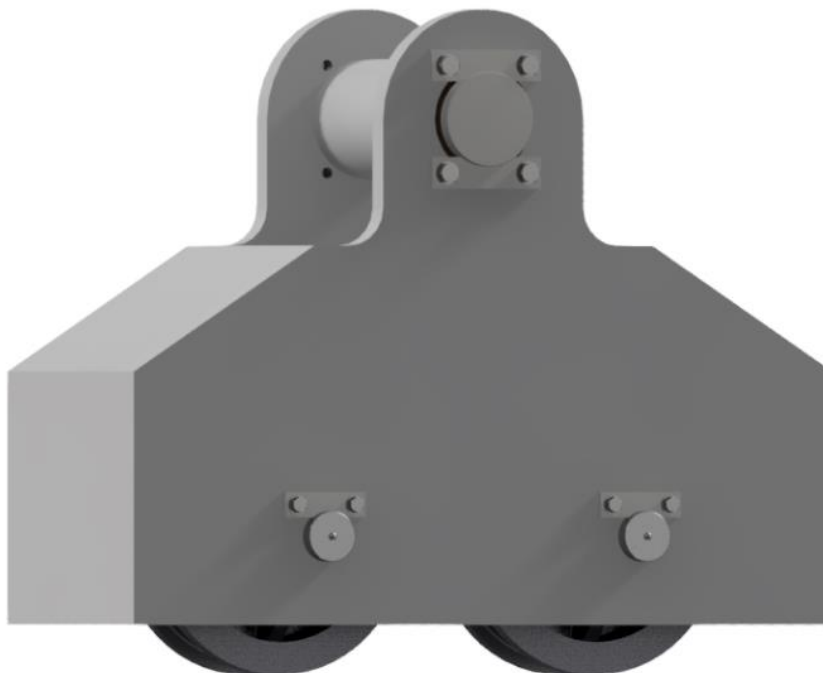
Pohonná jednotka je složena z hydromotoru a planetové převodovky. Ozubené kolo je přišroubováno k planetové převodovce. Ta je druhou přírubou přišroubována k bočnici. Pohled na tuto jednotku je na obr. 26. Modely převodovky a hydromotoru, které poskytla firma ŽĐAS a.s., byly z důvodu funkčnosti doplněny o adaptér sloužící pro uchycení hydromotoru k převodovce a o propojovací nástavec z výstupní hřídele hydromotoru do převodovky.



Obr. 26 Model pohonné jednotky

4.3.6 VAHADLO

Vahadlo předních kolejových kol pracuje na principu páky. Umožňuje kývavý pohyb a tím rovnoměrné rozložení výsledných sil na kola [36]. Ve vahadle je uložena dvojice kolejových kol (viz. obr. 27). Pro kluzná ložiska čepu vahadla je dostačující možnost ručního přimazávání, protože se otáčí jen minimálně. Další alternativou je použití samomazných ložisek.



Obr. 27 Model vahadla

4.3.7 KOLEJOVÉ VEDENÍ

Profil koleje, po které manipulátor pojíždí, je značen A75 a je realizován dle normy DIN 536 [34]. Hlava koleje je zasazena v úrovni podlahy.



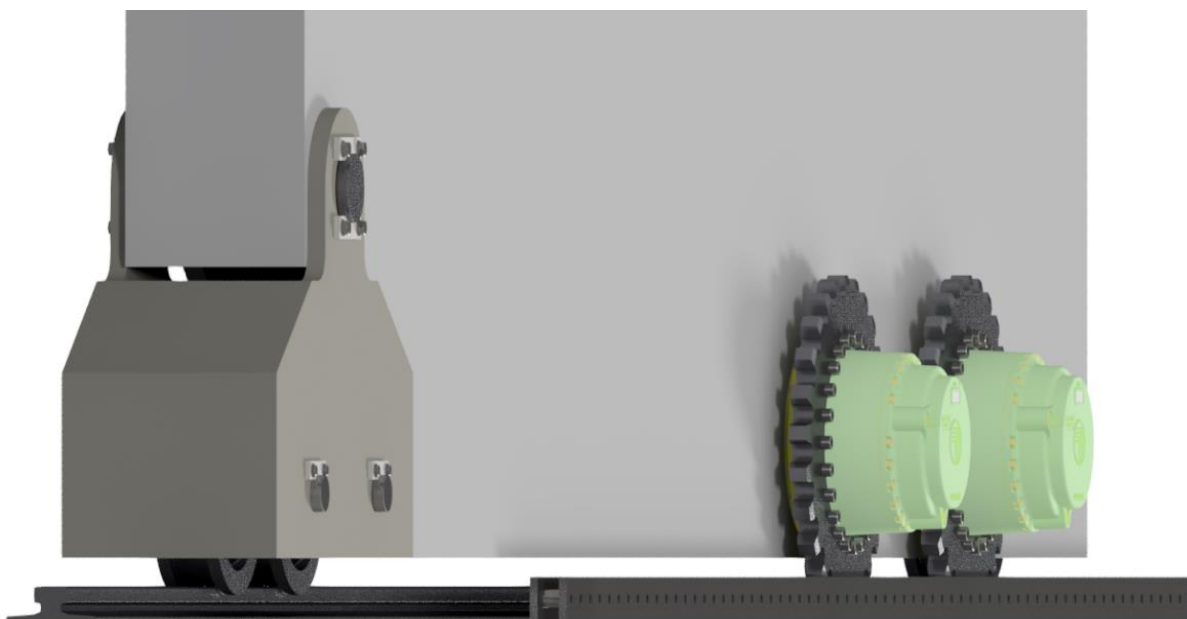
Obr. 28 Profil koleje

4.4 SESTAVA

Jednotlivé konstrukční uzly z kap. 4.3 vzájemně tvoří výslednou sestavu pojezdového mechanismu. Pohled na koncepční návrh sestavy je na obr. 29 a 30.



Obr. 29 Sestava pojezdového mechanismu



Obr. 30 Detail vahadla a pohonných jednotek

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo dle stanovených parametrů navrhnout koncepční řešení pojezdového mechanismu manipulátoru pro volné kování.

Prvním krokem bylo provedení rešerše na toto téma. Bylo uvedeno několik typů pojezdových mechanismů, které byly dále kategorizovány dle způsobu pohonu. U každého typu byly zmíněny jeho výhody, či nevýhody.

Pro koncepční studii byl zvolen kolejový pojezd, který je pro kovací manipulátor typický. Dalším krokem byl rozbor zadaných parametrů. Celková hmotnost a požadované zrychlení vedly k prvnímu stěžejnímu výpočtu, čímž bylo určení potřebného hydromotoru pro pohon manipulátoru. Na základě tohoto výpočtu byla dále vybrána vhodná planetová převodovka. Každé poháněné ozubené kolo má svou vlastní pohonnou jednotku, tvořenou planetovou převodovkou s hydromotorem. Díky konzultacím, které umožnila firma ŽĎAS, a.s., bylo možné návrh pohonu porovnat se skutečnými hodnotami. Pozitivní je, že se shodují.

Dalším krokem byl rozbor silových účinků, působících na pojezdová kola. Z rozboru bylo zřejmé, že větší silové působení bude soustředěno na přední pojezdová kola. Z toho důvodu bylo pro přední pojezdová kola zvoleno uložení hned dvojice kol ve vahadle. Vzhledem k proměnlivosti těchto sil a možné koncentraci silového působení pouze na jedno vahadlo, bylo při návrhu čepu vahadla a čepů pojezdových kol uvažováno se zatížením o velikosti 75% celkové hmotnosti manipulátoru, které bylo vztaženo právě na jedno vahadlo. Čep vahadla, čepy pojezdových kol i ložiska byly dimenzovány dle uvažovaného zatížení.

Na závěr vznikl v programu Autodesk Inventor koncepční návrh pojezdového mechanismu, který zahrnoval výše zmíněné konstrukční uzly. Na základě navrženého koncepčního řešení byla zhotovena výkresová dokumentace sestavy a vybraných částí.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] HAŠEK, Vladimír. *Kování*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1980. 730 s. TISK. ISBN 04-233-65.
- [2] CIFM, *China International Forgemasters Meeting 2010*. Květen 2010, s. 135-137.
- [3] MARCUKAITIS, Boris. *Kreuz und quer verfahrbarer Manipulator*. DANGO & DIENENTHAL, říjen 2016, 2 s.
- [4] ŠKOPÁN, M.: *Hydraulické pohony strojů* [online]. Elektronická skripta VUT v Brně 2009 [cit. 19.3.2021] Dostupné z: <http://www.iae.fme.vutbr.cz/userfiles/uadi/files/Hydraulick%C3%A9%20pohony%20stroj%C5%AF.pdf>
- [5] *Technologie objemového tváření – kování*, Technologie II, Technická univerzita Liberec [online]. [cit. 18.2.2021]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/03.htm
- [6] DVOŘÁK Milan a MAREČKOVÁ Michalea. *Technologie tváření, Studijní opory pro kombinované studium I. stupeň*, 2. ročník CTT-K kapitola 2 [online]. ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE Brno, září 2006 [cit. 12.2.2021]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/technologie_tvareni/kapitola_2.htm
- [7] PAVLOK Bohuslav, HRUŽÍK Lumír, BOVA Miroslav. *Hydraulická zařízení strojů* [online]. Ostrava 2007 [cit. 21.2.2021]. Dostupné z: <http://projekty.fs.vsb.cz/414/hydraulicka-zarizeni-stroju.pdf>
- [8] Evropský oborový portál - Industry EU [online]. [cit. 28.2.2021]. Dostupné z: <https://www.industry-eu.cz/files/companies/890382.pdf>
- [9] КОМПАНИЯ DANGO&DIENENTHAL (DDS) – ЗАКОНОДАТЕЛЬ НОВЫХ ТЕНДЕНЦИЙ В КОВОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ [online]. [cit. 27.2.2021]. Dostupné z: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/33358/1/itvmim_2014_117.pdf
- [10] *Kovací manipulatory se značkou ŽĎAS* [online]. Nejčtenější strojírenský časopis - MM spektrum, říjen 2001 [cit. 24.2.2021]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/kovaci-manipulatory-se-znackou-zdas.html>
- [11] *Porovnání pneumatických, hydraulických a elektrických lineárních pohonů* [online]. Portál pro strojní konstruktéry, květen 2015 [cit. 28.2.2021]. Dostupné z: <https://e-konstrukter.cz/novinka/porovnani-pneumatickych-hydraulickych-a-elektrickych-linearnich-pohonu>
- [12] *Энциклопедия по машиностроению XXL*, Кузнечные манипуляторы [online]. 2019 [cit. 28.02.2021]. Dostupné z: <https://mash-xxl.info/info/763283/>

- [13] Я.С. Вишневецкий, Ковочные манипуляторы [online]. Červen 2011 [cit. 25.2.2021]. Dostupné z: https://www.ktovdome.ru/svobodnaya_kovka/354/10875.html
- [14] МАНИПУЛЯТОР КОВОЧНЫЙ КУЗНЕЧНЫЙ [online]. [cit. 26.2.2021]. Dostupné z: <https://sopressmash.ru/catalog/importnoe-oborudovanie/manipulyator-kovochnyy-kuznechnyy/>
- [15] Forging Staff, *Energy-Saving Forging Manipulators* [online]. Květen 2019 [cit. 1.3.2021]. Dostupné z: <https://www.forgingmagazine.com/new-products/energy-saving-forging-manipulators#close-olyticsmodal>
- [16] KYSELA, Jiří. *Bezpečnost práce při provozu zdvihacích zařízení* [online]. Prosinec 2017 [cit. 28.2.2021]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/bezpecnost-prace-pri-provozu-zdvihacich-zarizeni>
- [17] NetinBag. *Co je to hřebenový pohon?* [online]. [cit. 27.2.2021]. Dostupné z: <https://www.netinbag.com/cs/manufacturing/what-is-a-comb-drive.html>
- [18] VULKOLLAN. WEDISS-dodavatel elementů pro stroje a zařízení [online]. 2019 [cit. 20.3.2021]. Dostupné z: <https://www.wediss.com/vulkollan.html>
- [19] POKORNÝ, P. *Pohon sériovým zapojením rotačních hydromotorů* [online]. Brno, 2017 [cit. 27.2.2021]. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Diplomová práce. Vedoucí diplomové práce Ing. Jiří Omes, Ph.D. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=149902
- [20] ŠTOCHL Martin. *Samosvorné kleště pro manipulaci s výkovky u kovacích lisů* [online]. Plzeň, 2015 [cit. 28.2.2021]. Západočeská univerzita v Plzni. Bakalářská práce. Vedoucí práce Ing. Miroslav Duník. Dostupné z: https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/20234/1/BP_Martin_STOCHL.pdf
- [21] GAVENDA, Marek. *Návrh hydrostatického pohonu pojezdu stroje* [online]. Zlín, 2019 [cit. 22.2.2021]. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Martin Vašina, Ph.D. Dostupné z: https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/45238/gavenda_2019_dp.pdf?sequence=1
- [22] KALOUSEK, Michal. *Zvýšení rychlosti nákladní kolejové dopravy* [online]. Pardubice, 2014 [cit. 28.2.2021]. Dostupné z: https://cena-dekana.fd.cvut.cz/prezentace/7_rocnik/kalousek/prace.pdf
- [23] LinkedIn - DANGO & DIENENTHAL Maschinenbau GmbH [online]. [cit. 03.03.2021]. Dostupné z: <https://www.linkedin.com/company/dango-dienenthal/posts/?feedView=images>
- [24] Facebook - LindeMaterialHandling [online]. [cit. 3.3.2021]. Dostupné z: <https://www.facebook.com/LindeMaterialHandlingCeskaRepublika/photos/a.145044179634586/922169848588678/>
- [25] ATA Anlagentechnik. *Großformate* [online]. [cit. 3.3.2021]. Dostupné z: <https://www.ata-anlagentechnik.de/referenzen>

- [26] Bosch Rexroth Česká republika. Axial piston variable motor A6VM series 65. Katalog A6VM series 65. [online]. Bosch Rexroth AG 2014 [cit. 2.4.2021]. Dostupné z: <https://www.boschrexroth.com/cs/cz/produkty/skupiny-produktu/mobilni-hydraulika/motors/axial-piston-motors/variable-motors>
- [27] OPIS Engineering k.s. Mobilní pohony. Brožura série 700C pohony pro pojezd [online]. [cit. 2.3.2021]. Dostupné z: http://opis.cz/mobilni_prevodovky/pdf/Brozura_700c.pdf
- [28] DIN 15 078. KARL GEORG. *Crane wheels with self aligning roller bearings* [online]. *Srpen 2010*. [cit. 22.3.2021]. Dostupné z: https://www.karl-georg.de/images/sortiment_laufraeder/pdf/en/DIN15078.pdf
- [29] DIN 15 086. KARL GEORG. Yumpu. *Innenbüchsen und Distanzringe* [online]. 2013 [cit. 20.3.2021]. Dostupné z: <https://www.yumpu.com/de/document/view/3867863/innenbuchsen-und-distanzringe-din-15-086-karl-georg-gmbh>
- [30] DIN 15 084. KARL GEORG. Yumpu. *Verschlussdeckel* [online]. 2013 [cit. 21.3.2021]. Dostupné z: <https://www.yumpu.com/nl/document/view/3867870/verschlussdeckel-din-15-084-karl-georg-gmbh>
- [31] SVOBODA, Tomáš. Obrábění-kovovýroba. Materiály. 12 050 [online]. [cit. 2.4.2021]. Dostupné z: <https://media0.obrabenikovo.cz/files/media0:571926fc1f8f5.pdf.upl/12050.pdf>
- [32] SKF. *SKF bushings, thrust washers and strips* [online]. [cit. 29.3.2021]. Dostupné z: https://www.skf.com/binaries/pub12/Images/0901d19680090e01-SKF-bushings-thrust-washers-and-strips-1-EN_tcm_12-120169.pdf#cid-120169
- [33] SKF. *Valivá ložiska* [online]. [cit. 1.4.2021]. Dostupné z: https://www.skf.com/binaries/pub54/Images/0901d1968096351e-Rolling-bearings---17000_1-CS_tcm_54-121486.pdf
- [34] DIN 536 STANDARD [online]. [cit. 10.4.2021]. Dostupné z: <http://www.spi-bg.com/pages/DIN536e.html>
- [35] Archivní podklady firmy ŽĐAS
- [36] Konzultace ŽĐAS

SEZNAM PŘÍLOH

VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE