



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

HNACÍ MECHANISMY KUŽELOVÝCH DRTIČŮ

DRIVE SYSTEMS OF CONE CRUSHERS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Viola Sehnalová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.

BRNO 2016

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Studentka:	Viola Sehnalová
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce:	doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.
Akademický rok:	2015/16

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:

Hnací mechanismy kuželových drtičů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Kritická rešerše pohonných mechanismů kuželových drtičů, zaměřená zejména na převodový mechanismus mezi hnacím agregátem a drtičím kuzelem. Porovnání řešení typických světových výrobců, vlastnosti, výhody a nevýhody, zdůvodněný návrh vlastního možného nejvýhodnějšího řešení.

Cíle bakalářské práce:

Technická zpráva obsahující:

- současná koncepční řešení,
- charakteristické vlastnosti dle hlavních technických řešení,
- stanovení vývojové tendence v konstrukčních řešeních,
- návrh vlastní zdůvodněné koncepce.

Seznam literatury:

Shigley, J.E., Mischke, Ch.R. a Budynas, R.G.: Konstruování strojních součástí. Vydalo VUT v Brně, nakladatelství VUTIUM 2010, ISBN 978-80-214-2629-0

Bigoš, P., Kulka, J., Kopas, M., Mantič, M.: Teória a stavba zdvíhacích a dopravných zariadení. TU v Košiciach, Strojnícká Fakulta 2012, 356 s., ISBN 978-80-553-1187-6

Maláček, J.: Stroje pro výrobu stavebních materiálů a stavebních dílců. VUT FSI, 2005

Medek J.: Mechanické pochody. VUT FS,1998. ISBN 80-214-1284-x

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
ředitel ústavu

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



ABSTRAKT

Tato bakalářská práce pojednává o kuželových drtičích se zaměřením na převodový mechanismus mezi hnacím agregátem a drticím kuželem.

První část je věnována rozdělení kuželových drtičů. Následuje porovnání řešení typických světových výrobců tupouhlých a ostroúhlých kuželových drtičů, jejich výhody a nevýhody. Závěr práce je tvořen vlastní návrhem.

KLÍČOVÁ SLOVA

kuželový drtič, předloha kuželového drtiče, převodový mechanismus

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with cone crushers with focus on transmission mechanism between drive and crushing cone.

The first part deals with division of cone crushers. Comparison solutions of typical world producers of obtuse-angled and gyratory cone crushers is next. Advantages and disadvantages of these solutions. The final part of the thesis consists proposal.

KEYWORDS

cone crusher, countershaft, transmission mechanism



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SEHNALOVÁ, V. *Hnací mechanismy kuželových drtičů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 28 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracovala jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Miroslava Škopána, CSc. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 28. května 2016

.....

Viola Sehnalová



PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto za ochotu, cenné rady a připomínky při vypracování bakalářské práce vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Miroslavovi Škopánovi, CSc., a za odbornou pomoc panu Ing. Filipovi Mrázovi. Dále bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům za podporu při studiu.



OBSAH

Úvod	9
1 Zdrobňování	10
1.1 Stupeň zdrobnění	10
2 Kuželové drtiče.....	11
2.1 Kuželový drtič ostroúhlý	11
2.2 Kuželový drtič ostroúhlý – krouživý	12
2.3 Kuželový drtič tupoúhlý	12
3 Současná koncepční řešení	13
3.1 Kuželové drtiče Tupoúhlé.....	13
3.1.1 Řada KDC společnosti PSP Engineering a.s.	13
3.1.2 Řada HP a MP společnosti Metso Minerals Industries, Inc.	16
3.1.3 Řady CS a CH společnosti Sandvik	18
3.2 Kuželový drtič ostroúhlý	19
4 Stanovení vývojové tendence v konstrukčních řešeních	22
5 Návrh vlastní koncepce	24
Závěr.....	26
Seznam použitých zkratk a symbolů	28



ÚVOD

Drcení patří k důležitým procesům v mnoha průmyslových odvětvích. S rozvojem stavebnictví a dalších odvětví vzrostla také poptávka po kamenivu a jiných nerostných surovinách. Tyto požadavky vedly k rozvoji strojů pro zpracování nerostů, různých typů drtičů, jejichž vývoj stále není ukončen. Vývoj je ovlivněn nejen vlastnostmi materiálů a novými technologiemi, ale také snahou o zvýšení produktivity při procesu drcení.

V této práci budou porovnána řešení typických světových výrobců kuželových drtičů, vlastnosti těchto řešení, výhody a nevýhody. Snahou této práce je podat ucelený souhrn pohonných mechanismů kuželových drtičů se zaměřením na převodový mechanismus mezi hnacím agregátem a drticím kuželem. Cílem bakalářské práce je návrh vlastní zdůvodněné koncepce.



1 ZDROBŇOVÁNÍ

Zdrobňování jako velmi důležitý úpravnický proces má za úkol zdrobňovat kompaktní hmoty nebo velké kusy na větší množství jejich menších částic. Jeho úkolem je:

- vytvořit produkty takové velikosti, jaké jsou potřebné z hlediska požadavku na výsledný produkt zdrobňování nebo jaké jsou nutné z hlediska dalších pochodů úpravnictví,
- otevřít prorostlá zrna, tj. uvolnit vzájemně prorostlé užitečné a jalové komponenty [2]

1.1 STUPEŇ ZDROBNĚNÍ

Stupeň zdobnění (n) je poměr největšího lineárního rozměru drceného materiálu před zdobněním (D) k největšímu lineárnímu rozměru podrceného materiálu (d). Je znázorňován jako $n = D_{\max}/d_{\max}$. [2]

Stupeň zdobnění drtičů: [2]

- | | |
|------------------------------------|----------------------|
| ○ Čelistové drtiče | stupeň drcení 3 až 6 |
| ○ Kuželové drtiče ostroúhlé | 5 až 7 |
| ○ Kuželové drtiče tupoúhlé | 5 až 20 |
| ○ Válcové drtiče s hladkými válci | 3 až 4 |
| ○ Válcové drtiče s ostnatými válci | 8 až 10 |
| ○ Kladivové drtiče jednorotorové | 10 až 15 |
| ○ Odrazové drtiče | 10 až 40 |



2 KUŽELOVÉ DRTIČE

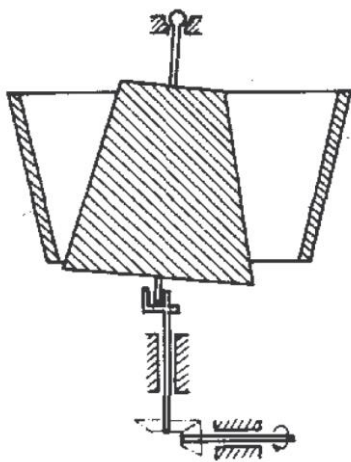
Kuželové drtiče patří mezi statické drtiče, u kterých je drticí síla vyvolána nepřetržitým krouživým pohybem. V kuželových drtičích se materiál drtí mezi otáčejícím se drticím kuželem a nehybně uloženým drticím pláštěm. Používají se pro hrubé, střední i jemné drcení. Při rotaci koná kužel krouživý pohyb, přičemž se postupně přibližuje a následně oddaluje od stěny pevného kužele. Podle charakteru pohybu, podle tvaru kužele a podle způsobu uložení rozlišujeme tři základní druhy kuželových drtičů – ostroúhlý, ostroúhlý - krouživý a tupoúhlý. [1]

Kuželové drtiče, které jsou určeny k drcení velkých kusů hornin, se označují jako primární drtiče. Sekundární drtiče jsou menší stroje, které jsou určeny k drcení již předdrcených hornin. V terciálních drtičích se zdrobňují jen kusy malých rozměrů.

Výrobci těchto strojů musí přihlížet k nejrůznějším faktorům, aby drtiče dosahovaly vysoké spolehlivosti, vysokých výkonových parametrů a snadného provozu i údržby. Mezi tyto faktory patří například požadovaný výkon, rozměry a hmotnost stroje, mechanické a fyzikální vlastnosti drcených hornin, požadovaná velikost zrn, jednoduchá obsluha a v neposlední řadě také cena drtiče.

2.1 KUŽELOVÝ DRTIČ OSTROUHLÝ

Kuželové drtiče ostroúhlé se uplatňují při primárním a sekundárním drcení velmi pevných a tvrdých hornin. Tyto drtiče bývají označovány jako typ "Gates". Drticí kužel má tvar komolého kužele s ostrým vrcholovým úhlem (20 až 30°). Hřídel, na kterém je kužel upevněn, má odklon od vertikální osy a je uložen v ložiskách nad i pod kuželem. Velikost výkyvu je dána výstředností patního ložiska. Stupeň drcení u těchto drtičů je v rozmezí 3 až 8, obvykle však 3 až 4. Stupeň drcení lze měnit zvedáním nebo spouštěním drticího kužele. [1]



Obr. 1 Kuželový drtič ostroúhlý [2]

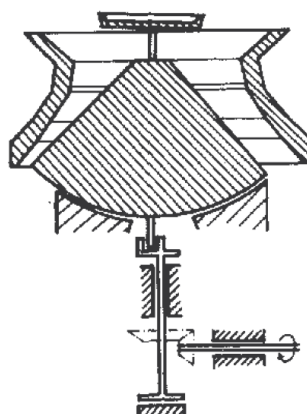


2.2 KUŽELOVÝ DRTIČ OSTROÚHLÝ – KROUŽIVÝ

Drticí kužel má tvar kužele s ostrým vrcholovým úhlem. Je umístěn excentricky na hřídeli. Na rozdíl od předchozího zařízení opisuje osa hřídele válcovou plochu, když průměr opisovaného válce se rovná dvojnásobku excentricity. Osa hřídele přitom nemění svou polohu. Nejsou vhodné pro drcení velkých kusů a dnes se používají zřídka. [1]

2.3 KUŽELOVÝ DRTIČ TUPOÚHLÝ

Kuželový drtič tupouhlý se od ostroúhlého liší tvarem drticího kužele. Vrcholový úhel je větší, i když rozdíly oproti ostroúhlým nejsou výrazné. Jen zvláštní typy mají vrcholový úhel větší než 90° . Zásadní rozdíl je ve tvaru pevného drticího kužele. Zatímco u ostroúhlého jsou vrcholy obou drticích kuželů na protilehlých stranách, u tupouhlého jsou oba vrcholy nahoře drtiče. Tupouhlé drtiče se používají především pro střední a jemné drcení středně tvrdých až velmi tvrdých materiálů. Stupeň drcení bývá 7 až 15. Velikost drtiče je uváděna jako max. rozměr pohyblivého drticího kužele. [1]



Obr. 2 Kuželový drtič tupouhlý [2]

Hřídel kužele není konstruována jako závěsný mechanismus, ale je na dolním konci upevněna v mechanismu výstředníku. Horní konec hřídele je konstruován jako rozmetací talíř. [2]

Tyto drtiče slouží buď přímo k drcení suroviny na požadovanou velikost, nebo k předdrcení pro další drtiče nebo mlýny. Bývají označovány jako typ “Symons”.



3 SOUČASNÁ KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

Pro účely této práce jsem z množství současných výrobců dodávajících kuželové drtiče vybrala ty, jejichž stroje jsou prodávány zákazníkům po celém světě, a know-how těchto společností má pevné základy v historii.

3.1 KUŽELOVÉ DRTIČE TUPOÚHLÉ

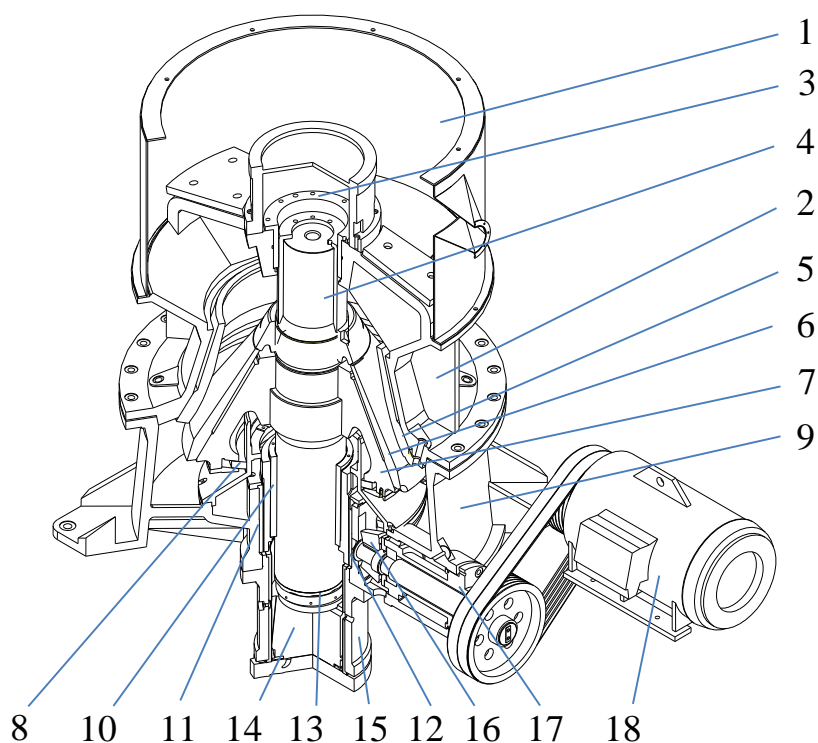
Kuželové tupoúhlé drtiče jsou určeny k sekundárnímu a terciálnímu drcení. Výrobci tyto stroje vyrábí na základě mnohaletých zkušeností a typická provedení s uvedením vlastností a výhod jsou dále popsány.

3.1.1 ŘADA KDC SPOLEČNOSTI PSP ENGINEERING A.S.

Česká společnost PSP Engineering a.s. v současnosti nabízí kuželové drtiče řady KDC. Výkon těchto strojů dosahuje až 800 tun podrceného materiálu za hodinu. Drtiče jsou opatřeny hydraulickým zařízením, které umožňuje jednoduché nastavení výstupní štěrbiny a snadné vyprázdnění drticího prostoru po závalu. Tyto stroje jsou určeny k sekundárnímu a terciálnímu drcení tvrdých, abrazivních, nelepivých materiálů o pevnosti v tlaku až 400 MPa jako je křemen, žula nebo čedič. [3]

Drtič je poháněn elektromotorem přes klínové řemeny. Prostřednictvím hřídele předlohy a ozubeného kuželového soukolí je rotační pohyb přenášen na excentrické pouzdro, ve kterém je excentricky a šikmo uložen hlavní hřídel, který koná spolu s nosným a drticím kuželem krouživý pohyb. Hřídel je prostřednictvím patního ložiska ve své dolní části nesen hydraulickým válcem. Horní část hřídele je vedena ve speciálním kuželovém ložisku. Na dolní části nosného kužele je upevněna příruba s těsnícím kroužkem, který brání vstupu prachu do prostoru hlavních ložisek. Velikost výstupní štěrbiny se nastavuje pomocí hydraulického zařízení zvedáním a spouštěním drticího kužele. [4] Materiál k drcení je přiváděn do násypu, odkud propadáva do drticího prostoru. Stroj je opatřen hydraulickou pojistkou, která začne pracovat v případě, že do drticího prostoru vnikne nedrtitelný předmět.

Stlačením nedrtitelného předmětu mezi drticím kuželem a pláštěm se zvýší s drticí silou i tlak v hydraulickém obvodu nad nastavenou hodnotu pojistného tlaku a tím olej z hydraulického válce přeteče do hydropneumatického akumulátoru. Tím se výstupní štěrbina zvětší a nedrtitelný předmět propadne drticím prostorem. Po projití nedrtitelného předmětu se olej automaticky vrátí zpět z akumulátoru do válce, příp. je automaticky dočerpán, aby velikost výstupní štěrbiny byla stejná jako před počátkem funkce pojistky. [4]



Obr. 3 Kuželový drtič tupouhý KDC firmy PSP Engineering [4]

1 NÁSYP	10 VLOŽKA EXCENTRU
2 TĚLESO DRTIČE	11 EXCENTRICKÉ POUZDRO
3 HORNÍ LOŽISKO	12 VÁLCOVÉ POUZDRO
4 HLAVNÍ HŘÍDEL	13 PATNÍ LOŽISKO
5 DRTICÍ PLÁŠŤ	14 PÍST
6 DRTICÍ KUŽEL	15 HYDRAULICKÝ VÁLEC
7 NOSNÝ KUŽEL	16 OZUBENÉ SOUKOLÍ
8 TĚSNÍCÍ KROUŽEK	17 PŘEDLOHA
9 STOJAN	18 POHON

Předlohový hřídel vyráběný z oceli je uložen ve válečkovém ložisku na straně řemenice a ve dvouřadém soudečkovém ložisku na straně pastorku. Řemenice i ocelový pastorek je na předlohovém hřídeli připevněn drážkou s perem a přídržnou deskou se šroubem. Výhodou tohoto provedení je tichý chod stroje, životnost ložisek a jejich jednoduchá výměna. Je vyžadováno krytí řemenového převodu, aby nedošlo k jeho zničení v případě spadnutí drceného materiálu do prostoru převodu.

Otáčky předlohového hřídele dosahují rychlosti 930 – 990 ot/min a celá sestava předlohy uložená v předlohové skříni je mazána samostatnou olejovou náplní. Provedení je ekonomicky výhodné a provozně nenáročné.



Olejová mazací stanice je určena k mazání ozubeného soukolí, hřídele, válcového pouzdra, vložky excentru a dolního a horního prstence ve vnitřních částech stroje.

U těchto strojů je potřeba uspořádat podávání materiálu tak, aby materiál padal přímo na kryt horního ložiska a aby rovnoměrně přepadával do celého obvodu vstupního otvoru. Tím se docílí rovnoměrného rozdělení materiálu v drticím prostoru. Toto rozdělení je důležité z hlediska zamezení jednostranného opotřebení drticího pláště, které by způsobilo propadávání větších zrn do výstupního materiálu a rovnoměrného namáhání ložisek.

Pro přenos otáčivého pohybu a mechanické energie mezi předlohovým hřídelem a hlavním hřídelem slouží kuželové soukolí. To je tvořeno pastorkem a ozubeným kolem se spirálními zuby, které umožňují přenášet vysoká silová zatížení. Pastorek je na hřídeli nasazen s malým přesahem. Axiálního posuvu pastorku se docílí posouváním celé předlohy. Excentr s ozubeným kolem je ve válcovém pouzdru uložen s vůlí.



Obr. 4 Vůle v zubech [4]

Jestliže se příliš zvětší zubová vůle, což se projeví zvýšeným hlučením, případně i rázy v ozubení, provádí se výměna kuželového soukolí. Pastorek i ozubené kolo se mění vždy současně. [4]



Tabulka 1: Hlavní technické parametry sekundárních drtičů KDC [3]

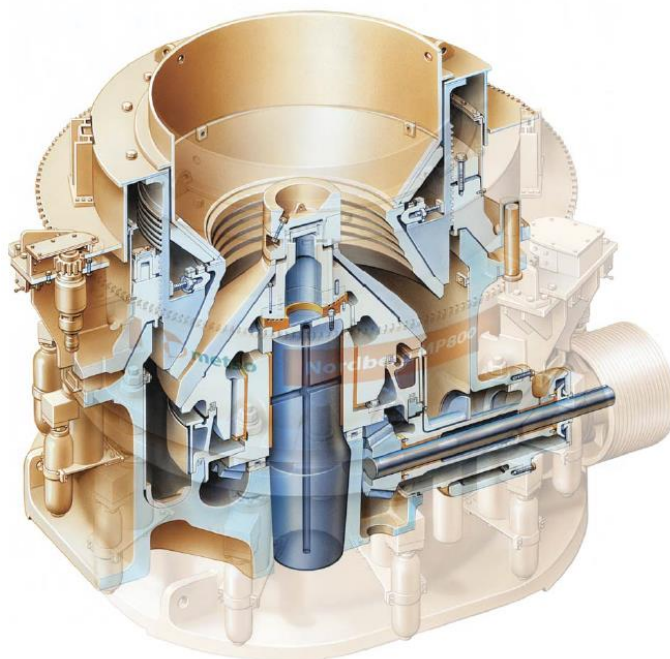
typ	štěrbina [mm]	vstupní otvor [mm]	výkon [t/h]	el. motor [kW]
KDC 22 HP	19 - 35	188	80 - 180	75 - 90
KDC 23 VP	25 - 50	270	135 - 300	110 - 132
KDC 23 HP	20 - 42	220	120 - 265	
KDC 25 EP	30 - 65	430	240 - 590	200
KDC 25 VP	30 - 63	330	240 - 560	160 - 200
KDC 25 HP	24 - 52	260	190 - 460	
KDC 26 VP	35 - 65	430	340 - 800	250 - 315
KDC 26 HP	25 - 55	345	250 - 680	
KDC 26 SH	25 - 55	280	230 - 650	

3.1.2 ŘADA HP A MP SPOLEČNOSTI METSO MINERALS INDUSTRIES, INC.

Americká společnost Metso Minerals Industries, Inc. vznikla v roce 1999 sloučením společností Valmet, Rauma a finskou společností Svedala Industri AB a tím se stala jedním z předních světových dodavatelů strojů a zařízení pro stavebnictví, hornictví a jiná průmyslová odvětví.

Společnost nabízí sekundární kuželové drtiče řady HP, jejichž výkon dosahuje 45 – 1 200 tun podrceného materiálu za hodinu, a drtiče řady MP o výkonu 490 – 2 400 t/h, podle požadované zrnitosti.

Předlohový hřídel, vyráběný z vysokouhlíkové oceli, je uložen v kluzných bronzových pouzdrech. Výhodou tohoto provedení je jednoduchá konstrukce. Pouzdra jsou výhodná pro svou protikorozní odolnost, uložení snáší velká rázová zatížení a vyrovnává nesouosost. Nevýhodou je nutnost mazání mezi pouzdry a hřídelí. Vzhledem k zahřívání bronzových pouzder a jejich případnému zadření bylo nutné rozšířit mazací okruh o pohonnou jednotku k dosažení dokonalého mazání a také ochlazování pouzder. Celá sestava uložení předlohy je odnímatelná pro snadnou údržbu.



Obr. 5 Kuželový drtič tupouhlý MP800 firmy Metso [5]

Rotační pohyb je přenášen prostřednictvím hřídele předlohy a ozubeného kuželového soukolí. Hlavní hřídel je kovaná z vysoce legované oceli a lisována s nosným kuželem, který nese drticí kužel. Mazání ložisek je zajišťováno pomocí mazných kanálků vedených hlavní hřídelí. Těsnění zabraňuje vnikání prachu do drtiče a tím znečištění mazacího oleje. Hlavní kluzná ložiska odolávají vysokým drticím zatížením v náročných provozních podmínkách.

Stroje společnosti Metso jsou také opatřeny hydraulickým zařízením k seřizování štěrbin a pojistným zařízením v případě vniku nedrtitelného předmětu nebo přetížení stroje. Systém tyto situace vyhodnotí a automaticky obnoví provoz stroje běžně bez nutnosti zásahu obsluhy.

Tabulka 2: Hlavní technické parametry sekundárních drtičů [6]

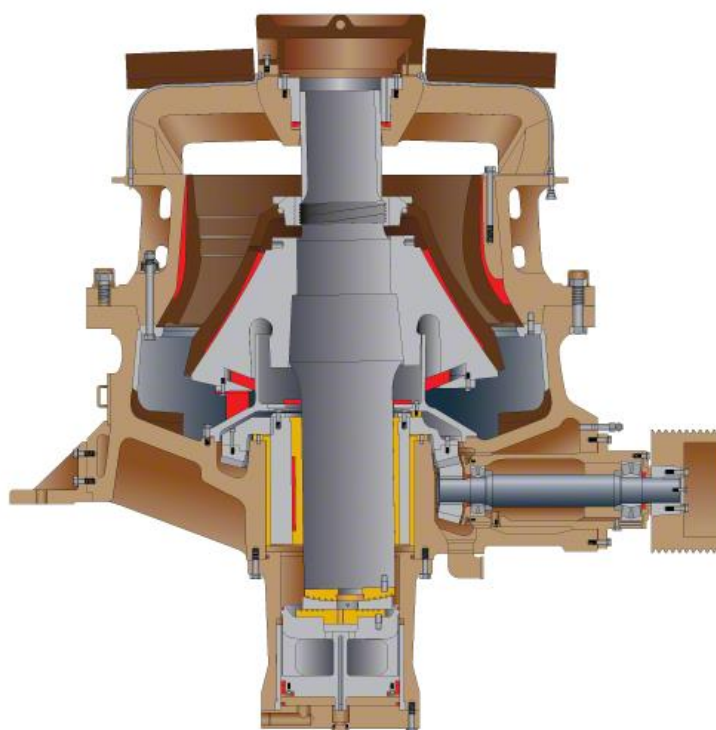
typ	štěrbina [mm]	výkon [t/h]
HP100	6 – 32	45 – 140
HP200	10 – 38	90 – 250
HP300	10 – 45	115 – 440
HP400	10 – 51	140 – 630
HP500	10 – 51	175 – 790
HP800	10 – 51	260 – 1 200
MP800	13 – 50	495 – 1 935
MP1000	13 – 50	615 – 2 420



3.1.3 ŘADY CS A CH SPOLEČNOSTI SANDVIK

Švédská společnost Sandvik nabízí sekundární a terciální kuželové drtiče řady CS a CH o výkonu od pár desítek do 2 200 t/h.

Předlohový hřídel je uložen ve dvou dvouřadých soudečkových ložiscích. Vzhledem k tomu, že jsou drtiče vystaveny velkému zatížení při drcení hornin, je zmíněné uložení výhodné pro přenos velkých radiálních a současně i axiálních zatížení v obou směrech. Vnitřní konstrukce ložisek umožňuje vzájemné naklápění kroužků, čímž se vyrovnává nesouosost úložných ploch a průhyby hřídele. Výhodou je také jednoduchá montáž při výměně, nevýhodou je pořizovací cena ložisek.



Obr. 6 Kuželový drtič tupouhý CH440 firmy Sandvik [7]

Mazání vnitřních částí drtiče je zajištěno nezávislou jednotkou olejové nádrže, která automaticky udržuje průtok oleje. Olej se filtruje a chladí automaticky.

Předloha je mazána samostatně olejovou náplní. Stav oleje se kontroluje na olejoznaku a obsluhou je doplňován plnicím otvorem. Provedení je ekonomicky výhodné a provozně nenáročné. Vnitřní části drtiče jsou jako u předchozího provedení chráněny před prachem a nečistotami pomocí samomazného těsnicího kroužku.

Kuželové drtiče jsou opatřeny hydraulickým systémem Hydroset, které umožňuje bezpečné a jednoduché nastavení výstupní štěrby, automatickou ochranu při přetížení a při vniknutí



nedrtitelného předmětu. V případě aktivace ochrany vrátí systém hlavní hřídel automaticky do své původní polohy.

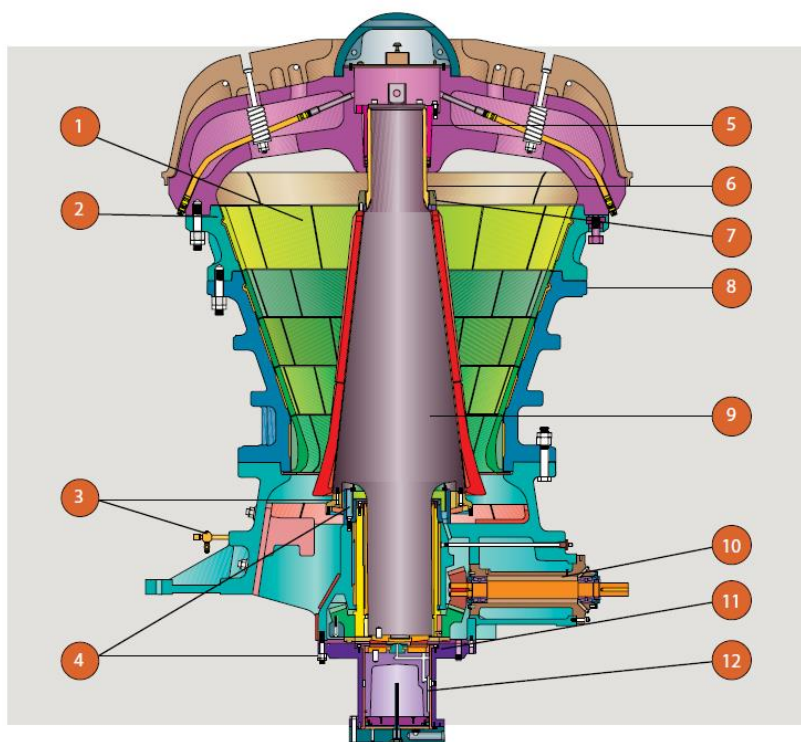
Tabulka 3: Hlavní technické parametry sekundárních drtičů Sandvik [8]

typ	štěrbina [mm]	vstupní otvor [mm]	výkon [t/h]	el. motor [kW]
CS420	16 - 38	240	77 - 132	90
CS440	29 - 54	450	245 - 406	220
CH440	8 - 44	215	90 - 384	220
CH660	13 - 51	245	177 - 662	275
CH890	13 - 70	330	204 - 2 140	750

3.2 KUŽELOVÝ DRTIČ OSTROUHLÝ

Ostroúhlé kuželové drtiče jsou určeny k primárnímu drcení velkých kusů hornin jako železná ruda, měděná ruda, vápenec apod. Tyto drtiče jsou větší a robustnější než kuželové drtiče tupoúhlé. K primárnímu drcení hornin v lomech jsou často používány cenově dostupnější drtiče čelistové, ty ovšem ve srovnání s ostroúhlými kuželovými drtiči mají dvakrát až třikrát nižší výkon.

Nabídka výrobců ostroúhlých kuželových drtičů je v současnosti omezená. Vzhledem k tomu, že se princip těchto drtičů u výrobců příliš neliší, uvádím společnou charakteristiku strojů s uvedením parametrů pro srovnání.



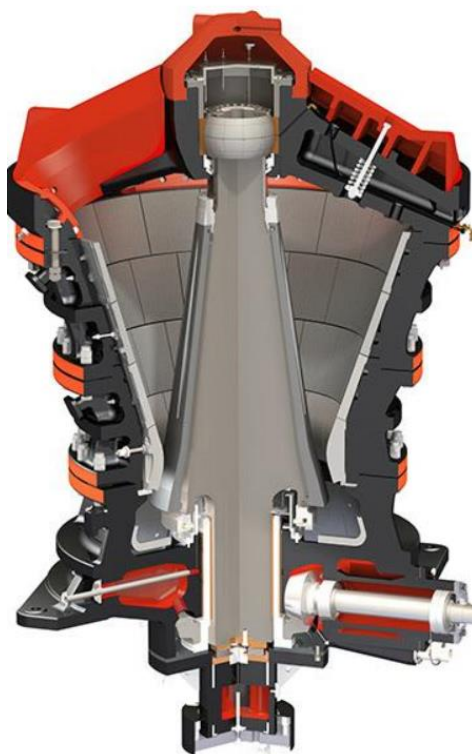
Obr. 7 Kuželový drtič ostroúhlý firmy Metso [9]

Drtiče dosahují výkonu v rozmezí od 910 do 9 750 t/h se vstupními otvory až do 2 390 mm. Stroje jsou typické strmou drticí komorou (1) a prodlouženým drticím prostorem pro maximální výkon. Drticí kužel i plášť je odléván z oceli s vysokým podílem manganu (2). Hlavní hřídel (9) je společně s nosným kuželem kovaná v jednotný kus, což eliminuje možnost oddělení nosného kužele v průběhu drcení a snižuje prostoje při drcení. Hydraulický systém slouží k úpravě polohy hlavní hřídele a funguje jako pojistka při přetížení stroje (12). Hlavní matice s palným kroužkem (6, 7) zajišťuje pevné usazení drticího kužele prostřednictvím vyměnitelného pouzdra z legované oceli. Vzhledem k tomu, že závity pro dotažení hlavní matice jsou na tomto pouzdře, nemůže dojít k poškození hlavní hřídele. Pouzdro je zajištěno svěrným kroužkem. [9]

Tyto drtiče se na první pohled od drtičů tupoúhlých liší pevným zajištěním horní části hlavní hřídele k „pavoukovi“ - jde se o horní kryt drtiče vyráběný z nárazuvzdorné lité oceli. Paže pavouka jsou odlity společně s vnějším okrajem, který je uzamčen do vrchního krytu a připevněn k plášti stroje. Konstrukce pavouka zvyšuje stabilitu a tuhost pláště. Spodní část hřídele je uložena excentricky ve vložce excentru, excentru a válcovém pouzdře. Oběhové mazání všech pouzder, ložisek a kuželového soukolí zajišťuje olejová stanice, kde se olej chladí a filtruje automaticky.



Kuželové soukolí z kovaných slitin přenáší točivý moment od předlohy a je navrženo tak, aby byla zajištěna jeho dlouhodobá životnost a bezproblémový chod. Poloha pastorku je na rozdíl od tupoúhlých kuželových drtičů nad ozubeným kolem. Předlohový hřídel (10) je uložen ve dvouřadém soudečkovém ložisku ze strany pastorku i řemenice. Stroje jsou vystaveny velkému zatížení při drcení hornin, proto jsou uvedena ložiska nejvhodnější volbou.



Obr. 8 Kuželový drtič ostroúhlý firmy Sandvik [10]

Tabulka 4: Hlavní technické parametry ostroúhlých drtičů [10] [9] [11]

typ	šterbina [mm]	vstupní otvor [mm]	výkon [t/h]	el. motor [kW]
Sandvik CG650	100 - 175	1 150	910 - 2 460	375
Sandvik CG880	175 - 250	1 650	4 810 - 9 750	1 100
Metso 62-75	150 - 200	1 575	2 890 - 4 330	600
Metso 60-110E	175 - 250	1 525	5 535 - 8 890	1 200
FLSmidth 1 370	125 - 200	1 580	1 800 - 3 160	450
FLSmidth 1 520	175 - 275	2 390	5 485 - 8 500	750



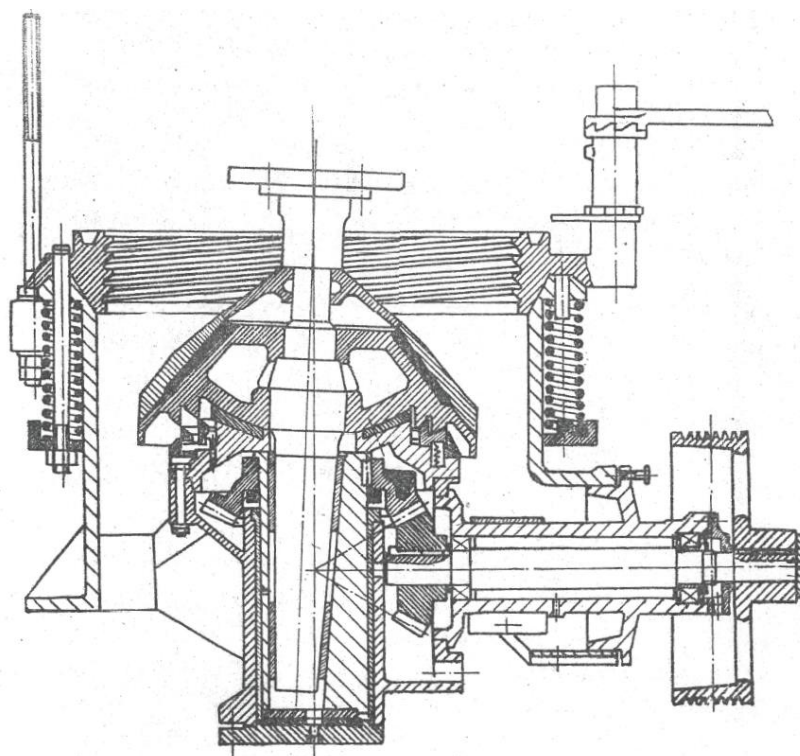
4 STANOVENÍ VÝVOJOVÉ TENDENCE V KONSTRUKČNÍCH ŘEŠENÍCH

Kuželové drtiče prošly díky rozvoji nových technologií a použitím kvalitních materiálů inovacemi, které zvýšily nejen produktivitu strojů, ale také zautomatizovaly provoz a zjednodušily údržbu a obsluhu.

Řemenice byly dříve vyráběny odléváním ve velkých sériích. U nových strojů došlo k náhradě odlitků za svarky z ekonomických i termínových důvodů. Hřídele předlohy jsou v současnosti vyráběny z ocelí vyšších tříd. Masivní hlavní hřídele z chromovanadové oceli jsou lisovány s nosnými kužely, které nesou drticí kužely vyráběné s vysokým obsahem manganu.

Pastorky jsou velmi namáhané strojní součásti, které prošly materiálovým i tvarovým zdokonalením. Odlévané pastorky strojů vyráběných v 60. – 80. letech byly nahrazeny výkovky z ušlechtilých slitin pro vyšší pevnost a houževnatost. Ozubená kuželová soukolí s přímými zuby byla pro svou hlučnost zaměněna za soukolí se spirálními zuby. Tato soukolí se lépe přizpůsobují deformacím hřídelů za provozu, výhodou je tišší a klidnější chod, vyšší únosnost a trvanlivost ozubení.

Stroje z 60. – 80 let byly chráněny proti poškození při vniknutí nedrtitelného tělesa pojistkou tvořenou řadou pružin po obvodě stojanu drtiče, viz. Obr 9. Tato pojistka umožňovala průchod nedrtitelného předmětu přes drticí prostor tak, že se drticí plášť v místě průchodu nadzvedl a po průchodu předmětu byl pružinami vrácen do původní polohy. Nevýhodou tohoto provedení bylo manuální nastavování výstupní šterbiny. Prostor mezi drticím pláštěm a tělesem byl vyplňován zalévací hmotou - betonem, později polyuretanovými hmotami nebo umělými pryskyřicemi. U stávajících drtičů dosedá drticí plášť do tělesa bez podlití.



Obr. 9 Kuželový drtič tupouhý KDH firmy PSP Engineering [4]

Nosný kužel se vnitřní kulovou plochou opírá o kulovou plochu hlavního ložiska usazeného v ložiskovém sedle. Další dvě kulové plochy na obvodu nosného kužele, na které je pružinami přitlačován těsnicí kroužek, brání vstupu prachu do vnitřní části drtiče. Drticí prostor drtiče je tvořen pohyblivým drticím kuželem upevněným na nosném kuželu, a pevným drticím pláštěm. Drticí plášť a drticí kužel tvoří ve své dolní části výstupní štěrbinu. Šířku výstupní štěrbinu je možno nastavit po uvolnění šroubů stavěcího zařízení. [4]

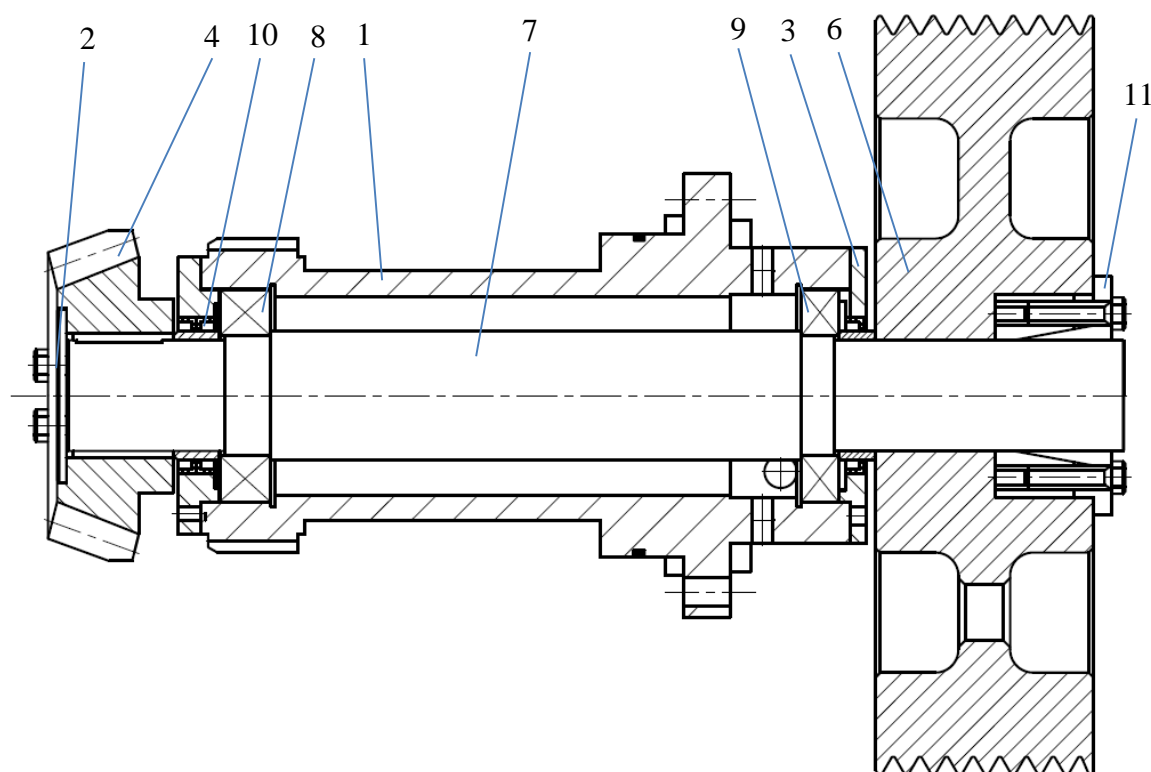
Předpokládám, že vývoj v následujících letech bude reagovat na požadavky zákazníků na ještě vyšší zefektivnění výroby, vyšší výkonné parametry, kvalitu konečného produktu a spolehlivost. Oblast automatizace strojů ve výrobních oborech přináší možnosti řízení strojů na dálku. Domnívám se, že tímto směrem půjde i vývoj kuželových drtičů. Stroje budou zapojeny v lince, která bude plně automatická a zrnitost výstupního materiálu bude podle potřeby měněna z řídicího centra obsluhou. Ovládací systém drtičů by mohl být vybaven automatickou diagnostikou stavu opotřebení drticích elementů a těsnících manžet na pístu. Systém by vyhodnocoval stupeň opotřebení těchto dílů a tyto informace předával dodavateli drtičů, který by zákazníkovi včas připravil díly k expedici. Došlo by ke snížení časových prodlev při čekání na opětovné zprovoznění drtiče a zvýšení produkce.



5 NÁVRH VLASTNÍ KONCEPCE

Uvedená provedení pohonných mechanismů kuželových drtičů vychází z poznatků získaných při vývoji trvajících po několik generací. Dnešní kuželové drtiče dosahují vysokých výkonů ve vztahu k velikosti a poskytují dobrý tvar výchozího produktu. Díky mnoha druhům drticích komor jsou tyto stroje univerzální, vysoce produktivní a uživatelsky přívětivé.

Vzhledem k tomu, že se liší především pohonný mechanismus tupouhlých kuželových drtičů, předkládám návrh vlastní koncepce k těmto strojům.



Obr. 10 Vlastní návrh předlohového hřídele – 1 Těleso předlohy, 2,3 Víko, 4 Pastorek, 6 Řemenice, 7 Hřídel, 8,9 Ložisko, 10 Těsnicí kroužek, 11 Svěrné pouzdro

Předlohový hřídel přenáší krouticí moment od motoru přes klínové řemeny prostřednictvím řemenice. Připevnění řemenice k předlohovému hřídeli je realizováno pomocí svěrného pouzdra, které nahrazuje spojení pomocí drážky s perem a přídržné desky. Svěrné pouzdro umožňuje rovnoměrné rozložení tlaku a nedochází ke vzniku napětí v místě drážky pro pero. Mezi hlavní přednosti patří snadná montáž i demontáž, vysoký přenášený krouticí moment a snadné nastavení polohy. Vhodným uložením předlohového hřídele je ze strany řemenice ve válečkovém ložisku. Tato ložiska se vyznačují velkou radiální únosností a jejich konstrukce umožňuje volný axiální pohyb. Na straně pastorku je třeba zvolit ložisko, které umožní přenášet kromě radiálního zatížení i vysoká axiální zatížení v obou směrech. Dvouřadé soudečkové



ložisko je naklápěcí a vyrovná nesouosost hřídele. Celou sestavu je nutné utěsnit těsnicími kroužky a uzavřít víky. Pro zajištění stálého mazání předlohové skříně a pro odvod tepla je vhodné mazání olejovou lázní. Provedení je jednoduché a ekonomicky nenáročné.

Jelikož jsou vnitřní části drtiče a kuželové soukolí mazány samostatnou olejovou stanicí, může vlivem poškození těsnicích kroužků na předloze docházet k propouštění olejové náplně do skříně předlohy. S velkým množstvím oleje se zvyšují mechanické ztráty, roste teplota oleje a olej rychle stárne. Naopak v případě poškození těsnění na straně řemenice, dojde k úniku olejové náplně z předlohové skříně. Malé množství olejové náplně nepostačí k vytvoření mazačí vrstvy oleje a tím dojde k nárůstu teploty oleje a suchému tření. Pro předcházení těchto závad by bylo vhodné opatřit předlohovou skříň elektronickým čidlem v místě olejoznaku pro kontrolu stavu hladiny oleje. Zavedení čidla do systému by nebylo finančně náročné a předešlo by se výrazným časovým prodlevám spojených s opravou.

Konstrukce ozubeného kuželového soukolí tvořená ozubeným kolem a pastorkem, připevněným k předlohovému hřídeli pomocí pera s drážkou a víkem, je společná pro všechny výrobce kuželových drtičů. Kuželovým soukolím je rotační pohyb přenášen na excentrické pouzdro, ve kterém je excentricky a šikmo uložen hlavní hřídel. Provedení uložení hlavního hřídele současných výrobců je taktéž obdobné. Hřídel koná spolu s nosným a drticím kuželem krouživý pohyb a tím dochází k drcení hornin. Hřídel je prostřednictvím patního ložiska ve své dolní části nesen hydraulickým válcem. Horní část hřídele je vedena ve speciálním kuželovém ložisku. Na dolní části nosného kužele je upevněna příruba s těsnicím kroužkem, který brání vstupu prachu do prostoru hlavních ložisek.



ZÁVĚR

Kuželové drtiče prošly velkým vývojem a v procesu zdrobňování hornin mají nezastupitelné místo. Snahou výrobců je dodávat vysoce spolehlivé stroje, zajišťující vysoké výkony při nízkých provozních nákladech, snadnou údržbu a požadovanou kvalitu konečného produktu. S rozvojem nejmodernějších řídicích systémů je možné využít maximální kapacity drtiče a díky on-line přenosu je možné nastavovat a měnit parametry podle požadavků na výstupní produkt. Výrobci díky těmto systémům získávají cenné informace k optimální činnosti drtičů a k vylepšování stávajících provedení a zvýšení produktivity. Jak již bylo zmíněno, myslím, že vývoj kuželových drtičů bude směřovat k zautomatizování co největšího množství procesů s plným ovládním na dálku.

Úkolem mé bakalářské práce bylo vytvořit technickou zprávu o provedení pohonných mechanismech kuželových drtičů. V první části práce je definováno rozdělení kuželových drtičů. Následuje porovnání jednotlivých řešení současných světových výrobců kuželových drtičů tupouhlých a ostroúhlých. V závěru je uveden návrh vlastní koncepce, který vychází ze současných provedení s vylepšením uložení řemenice pomocí svěrného pouzdra. Díky čidlu hladiny oleje v předlohové skříni by bylo možné zabránit poruchám při změně hladiny olejové náplně a prostojům při následné opravě.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] MEDEK J. *Mechanické pochody*. VUT FSI, Brno 1998. ISBN 80-214-1264-x
- [2] ŠŤASTNÍK S. *Těžba, lomařství a úpravnictví*. VUT FAST, Brno 2005. Studijní opory, elektronická forma
- [3] Leták společnosti PSP Engineering a.s. [online]. [cit. 2016-01-03]
Dostupné z: http://pspeng.cz/Brochure/CZ_Kuzelove_drtice.pdf
- [4] Firemní materiály společnosti PSP Engineering a.s.
- [5] Leták společnosti Metso Minerals Industries Ltd. [online]. [cit. 2016-04-02]
Dostupné z: [http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/E97EA3B5DC0F5D3241256B09004C2861/\\$File/HP_English.pdf](http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/E97EA3B5DC0F5D3241256B09004C2861/$File/HP_English.pdf)
- [6] Leták společnosti Metso Minerals Industries Ltd. [online]. [cit. 2016-01-24]
Dostupné z: [http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/5AE4ADB627F160E086256B3E0074FF01/\\$File/MP_Series.pdf](http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/5AE4ADB627F160E086256B3E0074FF01/$File/MP_Series.pdf)
- [7] Excelfoundry: Kuželové drtiče Sandvik. [online]. [cit. 2016-03-11]
Dostupné z: <http://www.excelfoundry.com/replacement-components/cone-crushers/sandvik-hydrocone/>
- [8] Leták společnosti Sandvik. [online]. [cit. 2016-04-19]
Dostupné z: [http://www.miningandconstruction.sandvik.com/sandvik/0120/Internet/global/S003713.nsf/Alldocs/Portals*5CProducts*5CCrushers*and*screens*2ACone*Crushers/\\$FILE/Cones.pdf](http://www.miningandconstruction.sandvik.com/sandvik/0120/Internet/global/S003713.nsf/Alldocs/Portals*5CProducts*5CCrushers*and*screens*2ACone*Crushers/$FILE/Cones.pdf)
- [9] Ostroúhlé kuželové drtiče společnosti Metso Minerals Industries, Inc. [online]. [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: [http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/E8EB75B9CB445C858525798A00538594/\\$File/SUPERIOR_Gyratory_Crushers_REV1_LR.pdf](http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/E8EB75B9CB445C858525798A00538594/$File/SUPERIOR_Gyratory_Crushers_REV1_LR.pdf)
- [10] Ostroúhlé kuželové drtiče společnosti Sandvik. [online]. [cit. 2016-05-10].
Dostupné z: <http://mining.sandvik.com/en/products/equipment/crushing-and-screening/crusher-spares/gyratory-crusher-spares>
- [11] Ostroúhlé kuželové drtiče společnosti FLSmidth. [online]. [cit. 2016-05-11].
Dostupné z: http://www.flsmidth.com/~media/PDF%20Files/Crushing/FLS_Gyratory_Crusher_brochure_2015email.ashx



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

n	[-]	stupeň zdrobnění
D_{\max}	[mm]	největší lineární rozměr materiálu před zdrobněním
d_{\max}	[mm]	největší lineární rozměr podrceného materiálu
P_o	[t.h ⁻¹]	Objemový výkon
P	[kW]	Výkon motoru