



**ČESKÉ
VYSOKÉ
UČENÍ
TECHNICKÉ
V PRAZE**

Ústav konstruování a částí strojů

Optimalizace konstrukce ostnatoválcového drtiče uhlí

Coal spike crusher design optimization

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2019

PATRIK NOVOTNÝ

Studijní program: (B2342) Teoretický základ strojního inženýrství

Typ programu: (B) bakalářský

Studijní obor: (2301R000) bez oboru

Vedoucí práce: Ing. Eliška Cézová, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Optimalizace konstrukce ostnatoválcového drtiče uhlí“ vypracoval samostatně pod vedením paní Ing. Elišky Cézové, Ph.D. a s použitím literatury uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych velmi rád poděkoval vedoucí mé bakalářské práce paní Ing. Elišce Cézové, Ph.D. za odborný dohled, konzultace, vedení a čas, který mi věnovala, a které mi značně pomohly k vypracování této bakalářské práce.

ANOTAČNÍ LIST

Jméno autora:	Patrik Novotný	
Název BP:	Optimalizace konstrukce ostnatoválcového drtiče uhlí	
Anglický název:	Coal spike crusher design optimization	
Rok:	2019	
Studijní program:	Teoretický základ strojního inženýrství	
Ústav:	Ústav konstruování a částí strojů	
Vedoucí BP:	Ing. Eliška Cézová, Ph.D.	
Bibliografické údaje:	Počet stran	38
	Počet obrázků	24
	Počet grafů	2
	Počet rovnic	3
	Počet tabulek	7
Klíčová slova:	Počet příloh	2
	Optimalizace, konstrukce, drtič, hnědé uhlí	
	Optimization, design, crusher, brown coal	
Anotace:	<p>Bakalářská práce se zabývá návrhem optimalizace konstrukce ostnatoválcového drtiče hnědé uhlí. V bakalářské práci byl popsán problém i jeho příčiny a následně navržena vhodná řešení nastalého problému. Ta jsou mezi sebou porovnána. Nakonec je vybráno nejlepší řešení optimalizace konstrukce ostnatoválcového drtiče uhlí.</p>	
Annotation:	<p>The bachelor thesis deals with the proposal of design optimization of the spike crusher of brown coal. The problem and its causes were found in the bachelor thesis and suitable solutions to the problem were proposed. These are compared with each other. In the end, the best solution for optimizing the construction of the spike crusher has been chosen.</p>	

OBSAH

1. ÚVOD	9
2. POPIS DRTIČE.....	10
2.1. Důvod výroby drtiče.....	10
2.2. Požadavky na drtič.....	11
2.3. Výběr principu drtiče	12
2.4. Výběr konstrukce drtiče	13
2.5. Mimopracovní poloha.....	13
2.6. Drticí kotouč.....	13
2.7. Distanční kotouč.....	14
2.8. Ostnatoválcový drtič.....	15
2.9. Dvoustupňový ostnatoválcový drtič.....	15
3. POPIS PROBLÉMU	19
3.1. Prokluz řemenů	19
3.2. Použití hradítka	20
3.3. Deformace ostnů	20
3.4. Ochrana pohonu drtiče	21
4. ROZBOR PŘÍČIN PROBLÉMU	24
4.1. Nedostatečné opásání řemenic	24
4.2. Rozbor pohyblivosti druhého drticího válce	24
4.3. Změna vzdálenosti řemenic.....	25
5. NÁVRHY ŘEŠENÍ PROBLÉMU	28
5.1. Prvotní řešení	28
5.2. Navržená řešení.....	29
5.2.1. Odebrání plošek distančních kotoučů	30
5.2.2. Zdvih válce po kružnici	31
5.2.3. Vytvoření paralelogramu.....	32
5.2.4. Upevnění drticího válce	32
5.2.5. Umožnění pohybu drticímu stolu.....	33
5.2.6. Připojení pohonu přímo k drticímu válci.....	33
6. VYHODNOCENÍ NAVRŽENÝCH ŘEŠENÍ	35
6.1. Vyhodnocení návrhu odebrání plošek.....	35
6.2. Vyhodnocení návrhu zdvihu po kružnici.....	35
6.3. Vyhodnocení návrhu přidání paralelogramu	36
6.4. Vyhodnocení návrhu upevnění válce	37
6.5. Vyhodnocení návrhu pohyblivého stolu.....	37
6.6. Vyhodnocení návrhu přímého pohonu	38
7. TESTOVACÍ ŘEŠENÍ.....	39
7.1. Výběr testovacího řešení.....	39
7.2. Výsledky zkušebního provozu.....	40
7.3. Vyhodnocení výsledků testovacího řešení.....	41

8. VÝBĚR STÁLÉHO ŘEŠENÍ	42
8.1. Nutnost rozdělení řešení	42
8.2. Kritéria prvního řešení	42
8.3. Kritéria druhého řešení	42
8.4. První vybrané řešení	42
8.5. Druhé vybrané řešení.....	45
9. ZÁVĚR	46
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	48
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A INTERNETOVÝCH ZDROJŮ	49
SEZNAM OBRÁZKŮ	50
SEZNAM GRAFŮ.....	51
SEZNAM VÝPOČTOVÝCH VZTAHŮ.....	52
SEZNAM TABULEK.....	53
SEZNAM PŘÍLOH	54

1. ÚVOD

Obsahem bakalářské práce je návrh možností optimalizace konstrukce ostnatoválcového drtiče hnědého uhlí navrženého a vyrobeného společností Prodeco, a.s. pro použití v Úpravně uhlí Ledvice společnosti Severočeské doly, a.s.

Vývoj drtiče byl ovlivněn zadávacími podmínkami. Drtič bylo potřeba zabudovat do stávající konstrukce pásových dopravníků a přesypů umístěných v budově třídírny druhů. Nebylo možné měnit konstrukci a rozměry jednotlivých provozovaných zařízení. Dalším omezujícím faktorem byl požadavek na kontinuální provoz drtiče s plynulým průchodem drceného materiálu s kapacitou minimálně sto padesát tun za hodinu. Významným omezením byla také nemožnost zasáhnout do konstrukce budovy. V místě, kde drtič pracuje, je velmi omezený prostor a po instalaci drtiče musí budova i nadále vyhovovat bezpečnostním i požárním předpisům. Při zkušebním provozu drtiče se vyskytlo několik problémů pramenících zejména z uvedených omezení.

Bakalářská práce je zaměřena zejména na problémy související s pohonem rotoru drtiče. Přenos kroutícího momentu byl dosud řešen pomocí klínových řemenů. Tento převod však nebyl zcela funkční z důvodu pohyblivosti jedné klínové řemenice. Bylo potřeba navrhnout nová řešení pro správnou funkci drtiče. Všechna navrhovaná řešení bylo nutné vyhodnotit a porovnat mezi sebou z mnoha technických hledisek.

Cílem bakalářské práce je vybrat nejlepší z navržených technických řešení směřujících k odstranění provozních problémů ostnatoválcového drtiče a následně ověřit funkčnost vybraných vylepšení při zkušebním provozu drtiče.

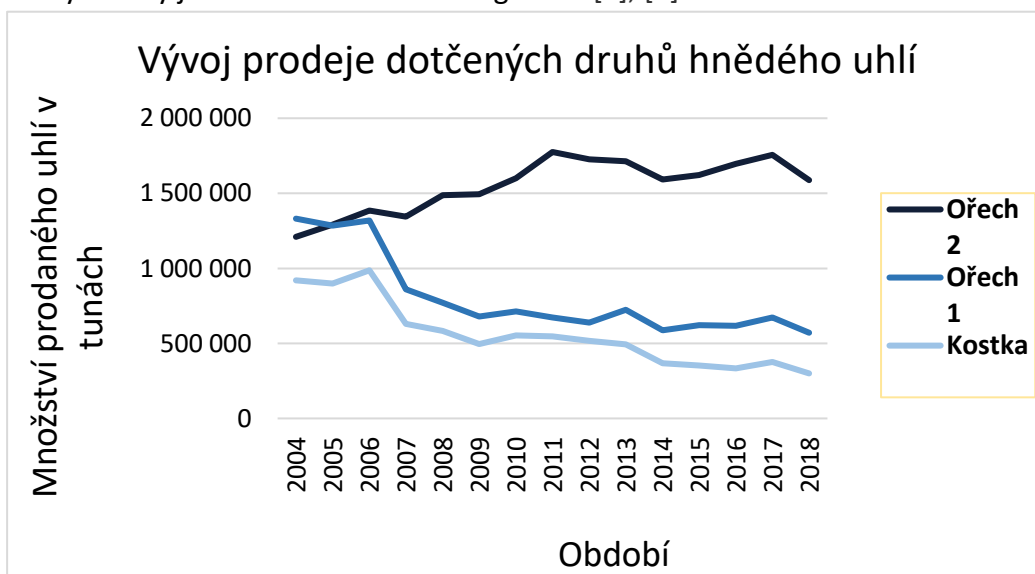
2. POPIS DRTIČE

2.1. Důvod výroby drtiče

Především v důsledku stále se zpřísnujících legislativních požadavků zejména z pohledu emisních limitů a účinnosti došlo v posledních letech k výraznému posunu ve vývoji při výrobě kotlů všech velikostí. Tříděné uhlí se používalo zejména při spalování v menších spalovacích zařízeních s výkonem převážně do čtyřiceti kilowatt sloužících především v komunální sféře. V této kategorii byly klasické roštové kotle spalující kostku a Ořech1 nahrazeny novými, fungujícími na principu otočného roštu, a v poslední době stále častěji s retortovým hořákem, které jsou určeny pro spalování drobnějšího Ořechu2. Ořech2 se rovněž začal používat i ve velkých spalovacích zařízeních jako náhrada za černé uhlí. Příkladem mohou být například společnost Škoda auto Mladá Boleslav, teplárna ve Zlíně nebo Lovochemie Lovosice [4], [6].

Není tak překvapivá téměř nepřetržitě se zvyšující poptávka po produktu Ořech2. Tento druh (označení Oř2) hnědého uhlí má zrnitost v rozmezí deset až dvacet pět milimetrů a je tak nevhodnějším ze všech nabízených produktů pro spalování ve zmíněných moderních kotlech [5], [6].

Současně se snížily požadavky zákazníků na odebírané množství produktů Kostka (zrnitost čtyřicet až sto milimetrů) a Ořech1 (zrnitost dvacet až čtyřicet milimetrů). Všechny změny jsou názorně viditelné v grafu 1 [5], [6].



Graf 1: Vývoj prodeje dotčených druhů hnědého uhlí v uplynulých patnácti letech [4]

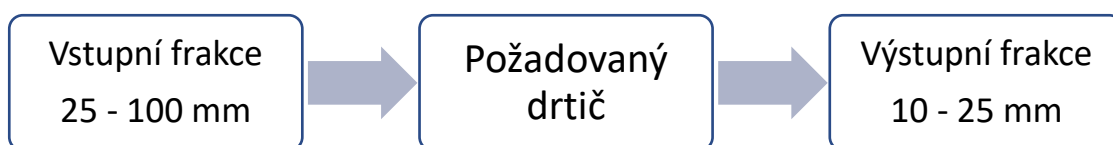
Pro porovnání jsou zmíněné druhy tříděného uhlí na fotografii na obrázku 1. Zleva Ořech1, uprostřed Kostka a napravo Ořech2



Obrázek 1: Dotčené druhy tříděného uhlí

2.2. Požadavky na drtič

Na všechny tyto změny byla nucena zareagovat společnost Severočeské doly těžící hnědé uhlí na dolech Bílina a Nástup – Tušimice v Severočeské hnědouhelné pánvi vzniklé zhruba před dvaceti miliony let. Společnost vytvořila požadavek na vývoj a výrobu nového drtiče hnědé uhlí s výslednou velikostí zrna odpovídající právě Ořechu2 a s minimálním podílem podsítných zrn na výstupu. Tento požadavek byl předán společnosti Prodeco [5], [7].



Obrázek 2: Schéma požadavku na drtič

2.3. Výběr principu drtiče

Na počátku realizace projektu bylo nezbytné vybrat nejvhodnější z principů drcení a celou konstrukci navrhovaného drtiče přizpůsobit zvolenému řešení. Uvažovány byly různé typy drtičů, které se běžně využívají v úpravách nerostných surovin. Takové drtiče mohou být:

- Čelistové
- Kladivové
- Kuželové
- Metací
- Válcové
- Speciální jednoúčelové

Válcový drtič byl vybrán pro své nesporné výhody. Především je schopný pracovat kontinuálně, což byl jeden z požadavků v zadání od společnosti Severočeské doly. Tím byly vyřazeny všechny možnosti týkající se cyklicky pracujících drtičů. S tím jsou částečně spojeny i jeho další eminentní výhody jako jeho vysoká spolehlivost a nenáročná údržba. Neméně důležitým rozhodujícím faktorem byla i velikost celého drtícího zařízení. Využití drtiče bylo naplánováno na konec pásového přebíracího dopravníku TD5b, který je umístěn v budově Třídírny druhů Úpravny uhlí Ledvice. Zde také byly požadovány co nejmenší zásahy do robustní konstrukce samotného pásového dopravníku a jeho pohonného ústrojí [9].

Dalším parametrem pro výběr drtiče byl požadavek na minimalizaci výskytu zrn o velikosti menší než deset milimetrů po předrcení. Uhlí je poměrně křehký nerost a z tohoto důvodu byl vyloučen kupříkladu kladivový drtič [4].

Návrh drtícího zařízení od počátku zohledňoval omezené prostory budovy třídírny a také nutnost navázat plynule na pás. I z tohoto hlediska se jako ideální jevil právě drtič válcový [4].

2.4. Výběr konstrukce drtiče

V dalším kroku návrhu drtícího zařízení bylo rozhodnuto o způsobu rozdrůžování příchozího materiálu. Vzhledem k omezeným prostorovým dispozicím úpravny v Ledvicích a snaze minimalizovat zásahy do konstrukce pásového dopravníku bylo vybráno řešení, při kterém dochází k drcení suroviny mezi rotujícím válcem a pevnou statickou deskou, která byla navíc pokryta otěruvzdornými plechy HARDOX. Konstrukce drtiče byla navržena tak, aby drcení hnědého uhlí probíhalo pouze od vlastní tíhy válce. Hmotnost celého drtícího válce je přibližně tisíc šest set kilogramů. Pro dosažení optimální výchozí frakce byly navíc na válec drtiče přidány ostny [5].

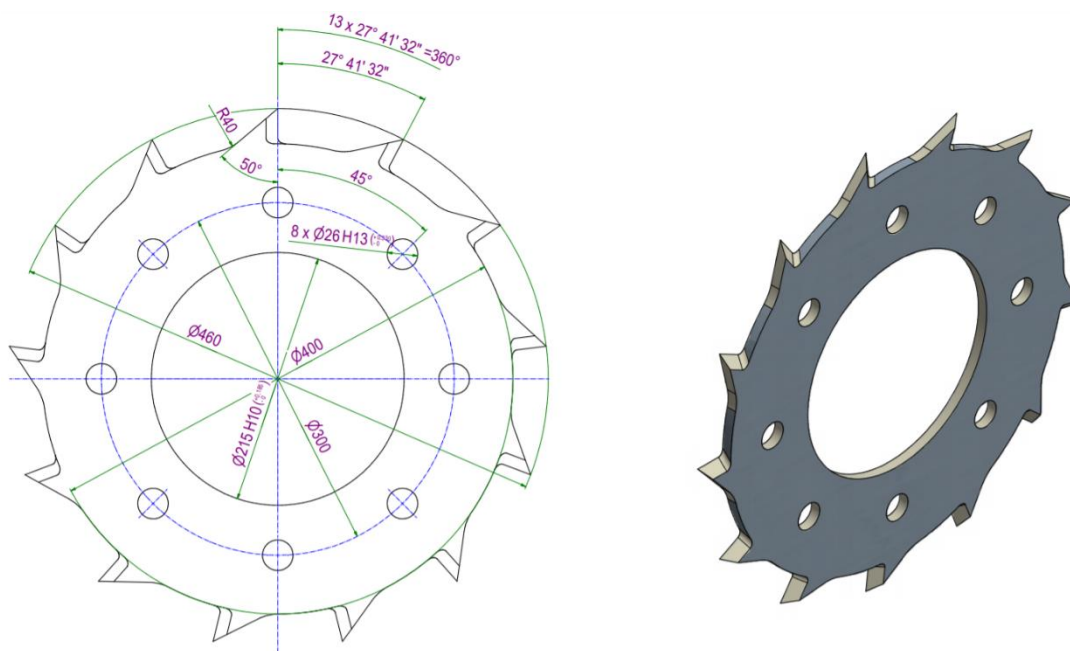
Hlavní proces drcení materiálu tedy probíhá právě pomocí ideálně rozmístěných ostnů. Aby byly tyto ostny schopny vtahovat pod válec uhlí přicházející po pásovém dopravníku, byly vytvořeny ve tvaru trojúhelníku. Vtažené uhlí je okamžitě rozdrčeno vlivem tlaku způsobeného tíhou rotujícího válce a zařezávajících se ostnů [3].

2.5. Mimopracovní poloha

Aby bylo možné reagovat na aktuální poptávku po hnědém uhlí či na nečekané poruchy na různých zařízeních v Úpravně uhlí Ledvice, byla vytvořena mimopracovní poloha drtících válců. Pomocí jednočinného hydraulického válce umístěného pod ložiskovými domky bylo možné nadzdvihnout celé drtící válce právě do vytvořené mimopracovní polohy. Pokud byly válce v této poloze, mohlo drtičem procházet hnědé uhlí bez uskutečnění drcení. Tím byla v případě potřeby vytvořena možnost využít pásový dopravník TD5b i pro přepravu produktu Kostka. Hydraulický válec byl použit pouze jednočinný, jelikož návrat do pracovní polohy probíhal působením vlastní tíhy. Válci tak bylo pouze umožněno spadnout zpět do pracovní polohy [3].

2.6. Drtící kotouč

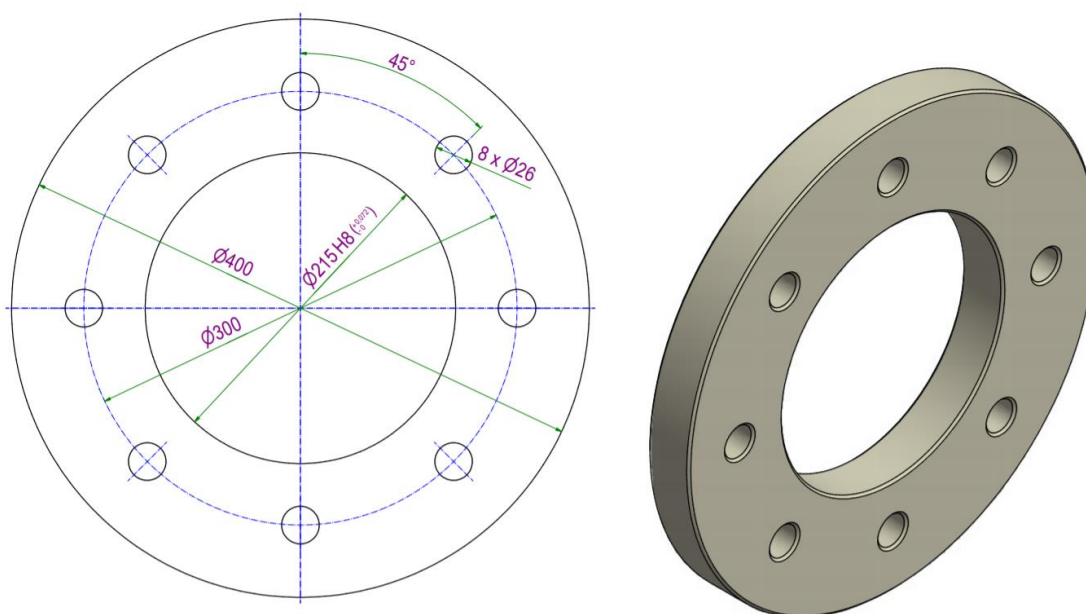
Po obvodu drtícího kotouče bylo symetricky rozmístěno třináct drtících ostnů. Celé drtící kotouče musely být obráběny vodním paprskem, aby nedošlo k tepelnému ovlivnění vlastností vysokopevnostního materiálu, z něhož byly vyrobeny. Tloušťka každého drtícího kotouče je deset milimetrů. Drtící kotouč je zobrazen na obrázku Obrázek 3 [3].



Obrázek 3: Výkres drticího kotouče prvního stupně drtiče [3]

2.7. Distanční kotouč

Pro dosažení požadované výstupní zrnitosti musely být zkonstruovány také distanční kotouče, které nebyly osazeny drticími ostny. Tyto distanční kotouče měly za úkol zajišťovat ideální vzdálenost mezi drticími kotouči. Použitím distančních kotoučů bylo dosaženo optimální šířky mezi jednotlivými ostny a tím i vyšší kvality výstupního produktu. Tloušťka každého distančního kotouče je dvacet pět milimetrů. Distanční kotouč je zobrazen na obrázku 4 [3].



Obrázek 4: Výkres distančního kotouče prvního stupně drtiče [3]

2.8. Ostnatoválcový drtič

Drticí válec vznikl spojením drticích a distančních kotoučů pomocí předepjatého šroubového spoje. Takto vzniklý drticí válec je na obrázku 5. Umístěním drticího válce v rámu a přidáním pohonu vznikl ostnatoválcový drtič. Po vyhodnocení prvních zkoušek bylo zjištěno, že drtič dle předpokladu nedokázal dosáhnout výsledků vyhovujícím zadání Severočeských dolů. Požadované zrnitosti, odpovídající produktu Ořech2, vycházelo z drtiče pouze přibližně dvacet procent. Většinový podíl nadsítneho zrna ve výstupním materiálu byl důvodem k rozšíření drtiče na dvoustupňový [3].



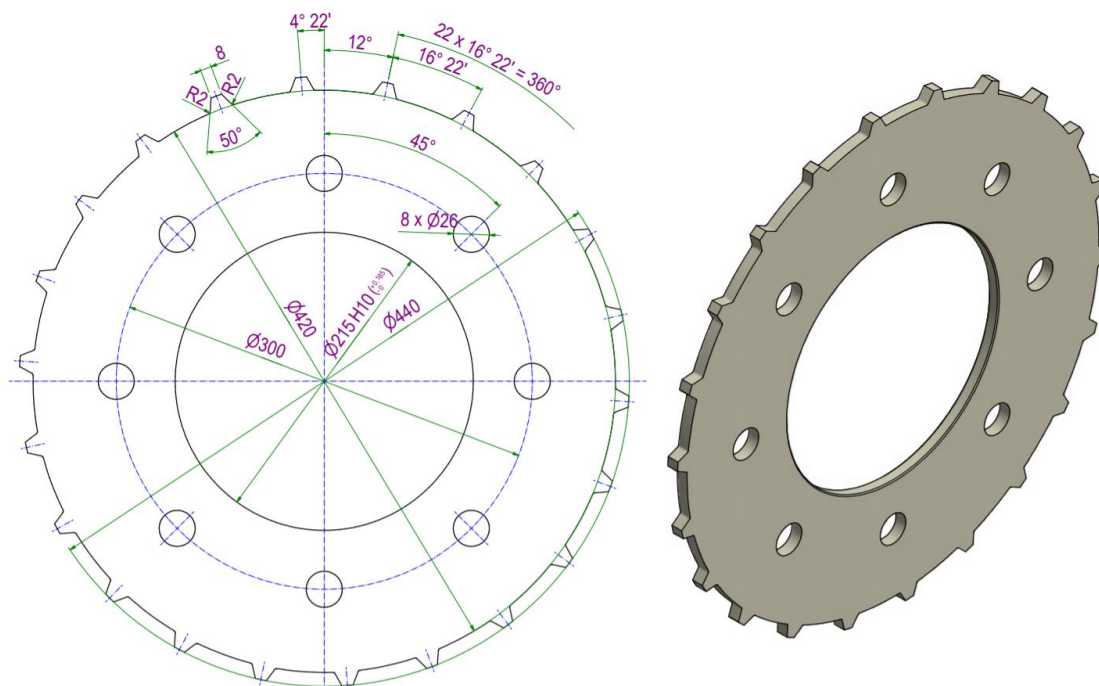
Obrázek 5: Vzniklý drticí válec

2.9. Dvoustupňový ostnatoválcový drtič

Přidaný druhý válec byl namontován za první válec opět tak, aby drtil příchozí, prvním stupněm předdrcené, uhlí svými ostny a tlakem vyvolaným pouze vlastní tíhou. I druhý válec byl navržen tak, aby drcení probíhalo o pevnou desku taktéž pokrytou otěruvzdornými plechy HARDOX [3].

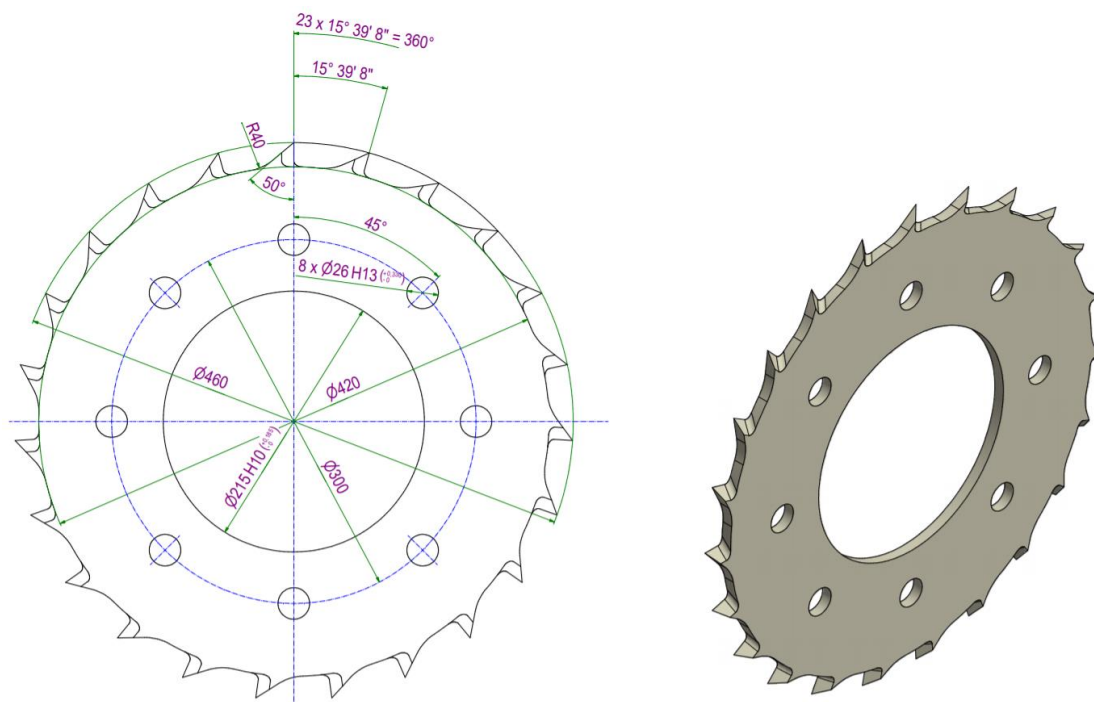
Oproti prvnímu válci byl ale druhý válec přiblížen ke zmíněné desce, navíc mu byly zmenšeny mezery mezi ostny. Toho bylo docíleno ztenčením distančních kotoučů mezi kotouči drticími. Distanční kotouče druhého stupně mají tloušťku dvanáct milimetrů.

U prvního stupně byla jejich tloušťka dvacet pět milimetrů. Navíc byly distanční kotouče vybaveny malými rozšířenými ploškami, které byly uvažovány jako opatření proti zachytávání kusů drčeného uhlí mezi sousedními ostny. Výkres distančního kotouče druhého stupně drtiče (zobrazen na obrázku 6 níže) je možné porovnat s výkresem distančního kotouče prvního stupně drtiče zobrazeném na obrázku 4 v kapitole 2.7 [3].



Obrázek 6: Výkres distančního kotouče druhého stupně drtiče [3]

Drobné úpravy se dočkaly i kotouče drticí. U nich došlo k navýšení počtu drticích ostnů ze třinácti na dvacet tři. Jejich tloušťka deset milimetrů zůstala zachována. Výkres drticího kotouče druhého stupně drtiče je níže na obrázku 7. Opět je možné jej porovnat s výkresem drticího kotouče zobrazeném na obrázku 3 v kapitole 2.6 [3].



Obrázek 7: Výkres drtícího kotouče druhého stupně drtiče [3]

Tyto změny měly za následek výrazné snížení podílu výstupního materiálu s velikostí zrna větší než dvacet pět milimetrů, tedy větších zrn, než má požadovaný produkt Ořech2. Na obrázku 8 je fotografie sestaveného dvoustupňového ostnatoválcového drtiče [3].



Obrázek 8: Dvoustupňový ostnatoválcový drtič

Dvoustupňový ostnatoválcový drtič hnědého uhlí již splňoval požadavky zadávající společnosti. V porovnání s dvourotorovým drtičem MND, který se v ledvické úpravně běžně používá, má ostnatoválcový drtič výrazně menší rozměry a téměř o třetinu nižší hmotnost. Právě zásluhou kompaktních rozměrů je možné ostnatoválcový drtič využít nejen pro drcení na konci pásového dopravníku TD5b, ale i v dalších případech, ve kterých bude potřeba brát zřetel na nedostatečnou prostorovou vybavenost či nízkou nosnost budovy [3], [4].

V následujícím zkušebním provozu se však vyskytlo několik technických komplikací, které vyžadovaly další optimalizace konstrukce nově vzniklého dvoustupňového ostnatoválcového drtiče hnědého uhlí.

3. POPIS PROBLÉMU

3.1. Prokluz řemenů

Největším problémem v průběhu zkušebního provozu byl neočekávatelný a nechtěný prokluz klínových řemenů na řemenici druhého válce drtiče. Válec nebyl schopný kontinuálně pracovat právě z důvodu prokluzu, kdy řemeny přestaly přenášet kroutící moment z motoru na řemenici druhého válce drtiče kvůli odlehčení napnutí řemenů. Povolené řemeny v mimopracovní pozici jsou vidět na obrázku 9. V okamžiku prokluzu řemenů se zastavilo otáčení celého druhého válce, i když jeho motor běžel nepřetržitě. Jelikož mají oba válce vlastní pohon, ale potíže s prokluzem se vyskytovaly pouze u druhého válce, první válec se stále otáčel a prováděl první stupeň drcení i při zastavení rotace druhého válce. Po zastavení otáčení se uhlí začalo hromadit mezi oběma drtícími válci a obsluha musela přerušit zkušební provoz vypínajícе přitom i dopravníkový pás, který hnědé uhlí k drtiči přivádí. Pro obnovení zkušebního provozu pak bylo nutné dopnout řemeny pohánějící druhý drtící válec.



Obrázek 9: Povolené řemeny v mimopracovní poloze

3.2. Použití hradítka

Při počátečním návrhu ostnatoválcového drtiče bylo nezbytné myslet na to, že uhlí přichází k drtiči v různém stavu a množství. Vzhledem k předcházejícím procesům probíhajícím v Úpravně uhlí Ledvice není možné zajistit rovnoměrný tok stále stejného množství uhlí do drtiče. Navíc mají i jednotlivé kusy uhlí různou velikost. Samotný drtič byl samozřejmě navržen na maximální tok uhlí odpovídající sto padesáti tunám za hodinu. Aby toto množství nebylo překročeno a drtič mohl pracovat v souladu s požadavky provozovatele na výslednou zrnitost, bylo na dopravníkový pás v těsné blízkosti drtiče přidáno hradítko (obrázek 10). To dokáže nejen rozprostřít uhlí po celé šířce pásu, ale i zabránit nadměrnému toku hnědého uhlí po pase do drtiče. Tím je drtič chráněn před zavalením [3].



Obrázek 10: Hradítko [3]

Výše zmíněné hradítko zabraňuje pouze nadměrnému přísunu uhlí, avšak neovlivní již plynulost a jednodolitost přichozího materiálu. Právě tato nesouvislost toku může při drcení uhlí způsobovat nepravidelné vibrace [3].

3.3. Deformace ostnů

Vzhledem k povrchovému způsobu těžby hnědého uhlí na dole Bílina, kde se těží pomocí kolesových rypadel, také velmi často dochází k situaci, kdy se k drtiči dostane nechtěný materiál. Ten k drtiči přichází i přes jeho umístění za vybíracím pásem,

kde obsluha vybírá hlušinu z jedoucího pásového dopravníku. Z důvodu práce obsluhy na jedoucím pasu dopravníku byla stanovena rychlost dopravníkového pásu dle vyhlášky ČBÚ č.51/1989 na nula celá čtyři desetiny metru za sekundu. Běžně se tak pod ostny válce mohou dostat různé horniny, které jsou zpravidla tvrdší než uhlí a způsobují zrychlené opotřebení samotných ostnů drtiče. Ani vytěžené uhlí není vždy homogenní a může obsahovat všelijaké příměsi, které přispívají k opotřebení drtících kotoučů. Poničení ostnů je dobře viditelné na obrázku 11 [4], [8].



Obrázek 11: Detail s viditelnými deformacemi některých ostnů

3.4. Ochrana pohonu drtiče

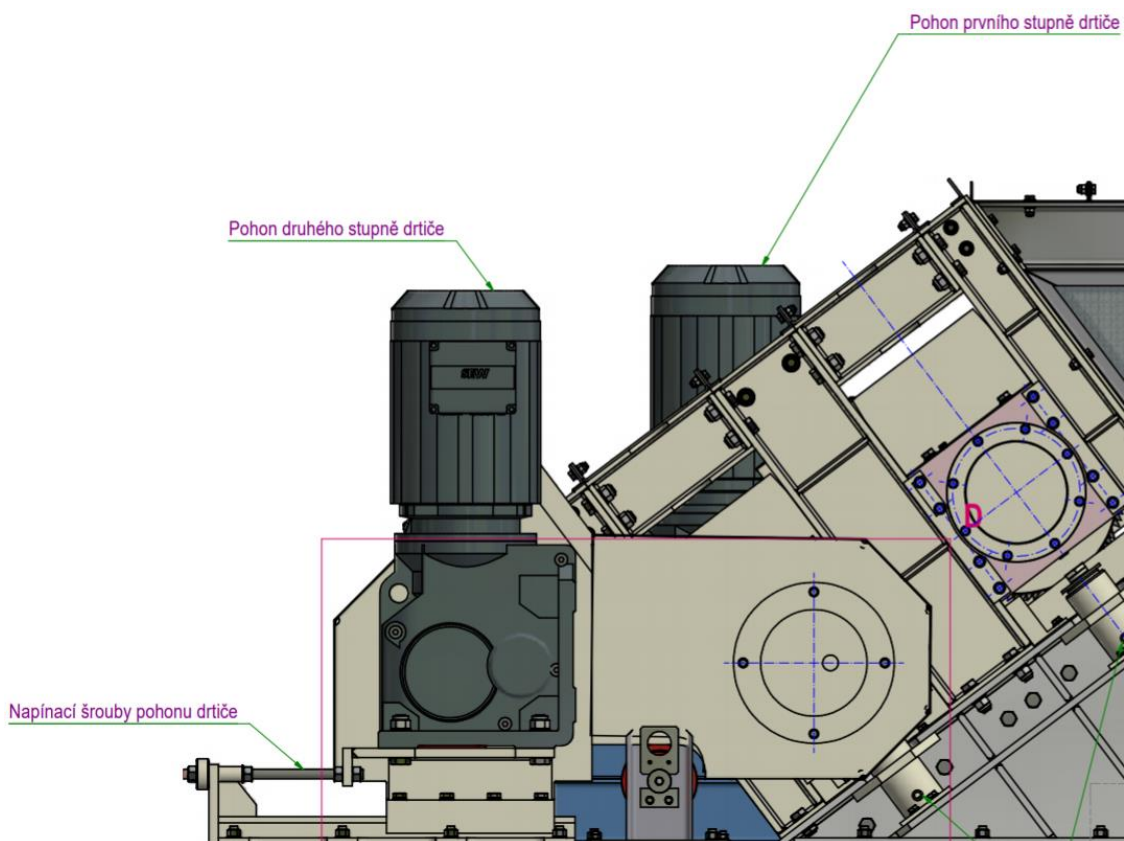
Nechtěný tvrdší materiál přicházející společně s uhlím do drtiče navíc způsobuje rázy tím, že kromě ničení ostnů válce i celý drtící válec nadzvedává. Především tedy kvůli těmto rázům a vibracím bylo nutné chránit motory pohánějící drtič. Samotné motory byly i vzhledem k celému dvoustupňovému ostnatoválcovému drtiči velmi nákladné. Tím spíše vznikla potřeba je chránit a nezkracovat jejich životnost [3].

V průběhu vývoje byly uvažovány dvě možnosti ochrany motorů. První možností byl převod kroutícího momentu na rotor drtiče pomocí klínových řemenů. Druhou možností bylo použití hydrodynamické spojky. Ta kromě tlumení rázů a výkyvů v zatížení válce drtiče způsobených nesouvislým proudem příchozího uhlí umožňuje i hladší rozběh při spouštění stroje. Po konzultaci se zadávající společností bylo použito

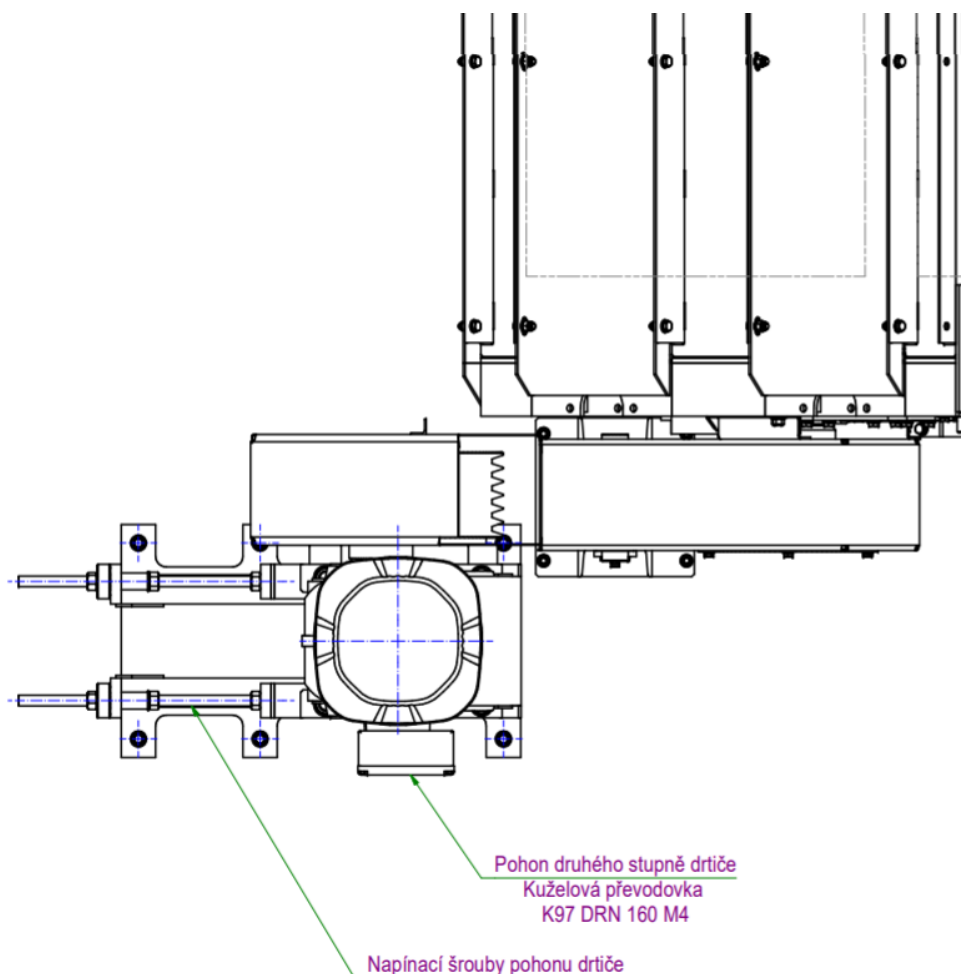
hydrodynamické spojky zamítnuto vzhledem k nedostatečnému prostoru v budovách Úpravny hnědého uhlí Ledvice. Hydrodynamická spojka se skládá z prostorově náročné skříně, čerpadla a turbíny [2].

Vybrána tedy byla možnost první – použití klínových řemenů pro přenos kroutícího momentu z motoru na řemenici válce drtiče se současnou dostatečnou ochranou motorů před nepravidelnými vibracemi a neočekávanými rázy [3].

Při dlouhodobém využívání klínového řemenu k přenosu kroutícího momentu může docházet k jeho prodlužování. Z toho důvodu byly oba motory i se svými řemenicemi připevněny ke konstrukci ostnatoválcového drtiče pomocí napínacích šroubů. Těmi bylo možné v případě potřeby posunout motory směrem od drticích válců a tím znovu dopnout klínové řemeny. Napínací šrouby jsou znázorněny na obrázcích níže. Zatímco na obrázku 12 je zobrazen pohled z boku, na obrázku 13 níže je zobrazen pohled shora [2], [3]



Obrázek 12: Zobrazení napínacích šroubů – pohled z boku [3]



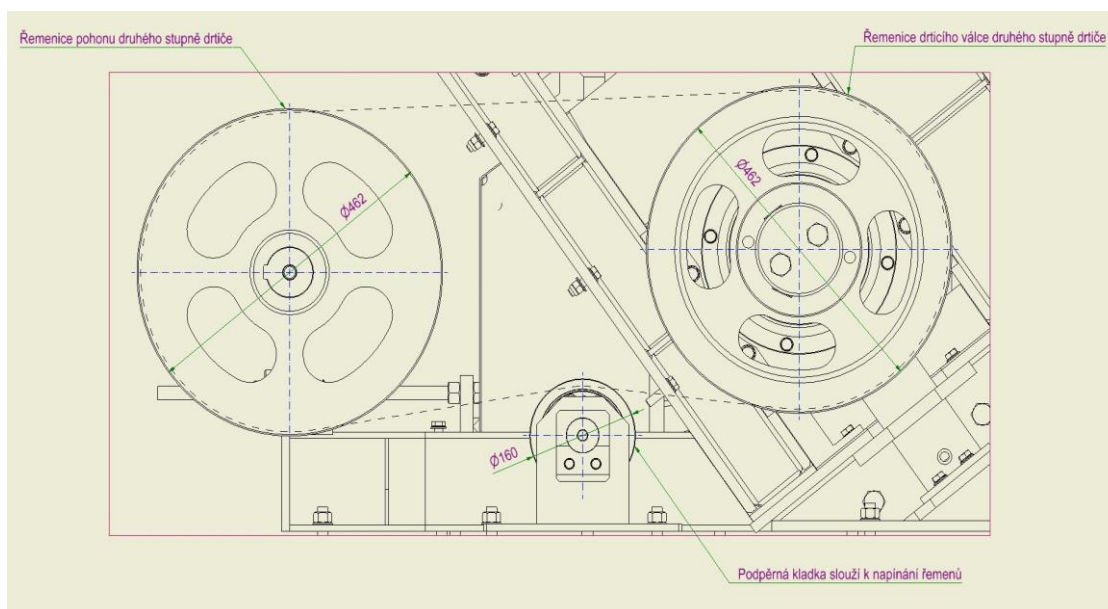
Obrázek 13: Zobrazení napínacích šroubů – pohled shora [3]

Pomocí tohoto konstrukčního řešení je možné dopínat klínové řemeny. Během samotného procesu drcení však docházelo ke zmíněným problémům s přenosem kroutícího momentu, kdy řemeny nebyly schopny souvislého přenosu otáčivého pohybu na drticí válec druhého stupně drtiče zejména z důvodu prokluzu řemenů na řemenici.

4. ROZBOR PŘÍČIN PROBLÉMU

4.1. Nedostatečné opásání řemenic

Bylo uvažováno, že vzniklý problém, tedy nestálý přenos kroutícího momentu na rotor druhého stupně ostnatoválcového drtiče a následné zastavování rotace druhého válce, byl zapříčiněn nedostatečným opásáním řemenic. Předpokládalo se, že prokluz nastává z důvodu nevhodně zvolených rozměrů. Obě řemenice totiž byly vyrobeny se stejným průměrem čtyři sta šedesát dva milimetrů. Řešením bylo umístění podpěrné kladky řemenů mezi řemenice. Podpěrná kladka je zobrazena na obrázku 14. Instalace podpěrné kladky do konstrukce však neměla výrazný vliv a problém s prokluzem setrval i po její montáži [1], [2].



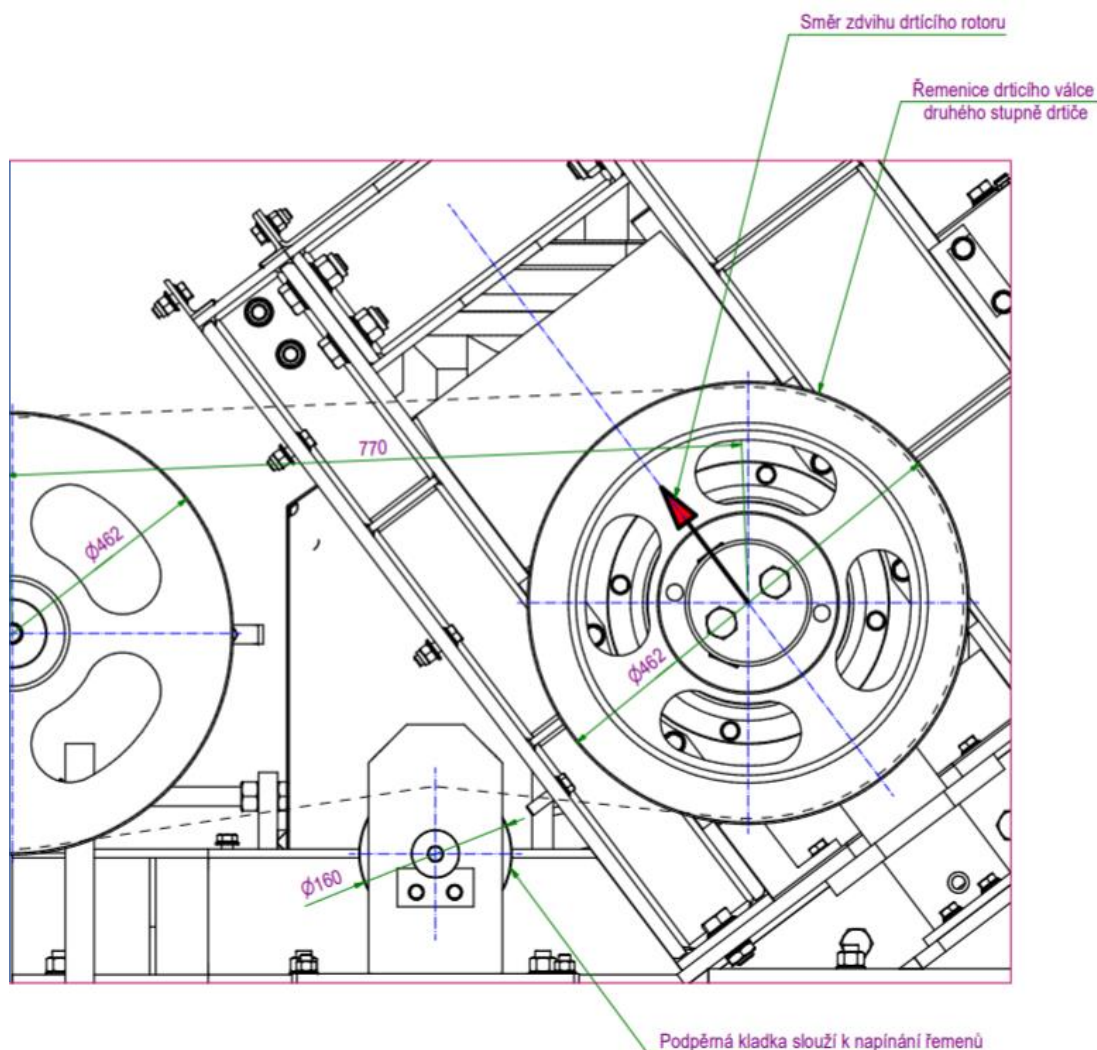
Obrázek 14: Zobrazení napínací kladky ve výkresu

4.2. Rozbor pohyblivosti druhého drtícího válce

Po dalších zkušebních testech bylo vyzorováno, že k prokluzu a následnému zastavení rotace dochází při pohybu druhého válce.

Aby bylo minimalizováno již zmíněné opotřebení ostnů způsobené příchodem nežádoucích tvrdých hornin a příměsí ve vytěženém uhlí (poničení ostnů je dobře viditelné na obrázku 11 v kapitole 3.3), byla konstrukce drtiče vytvořena s pohyblivými válci. Těm byl umožněn zdvih právě z důvodu ochrany drtících kotoučů a jejich ostnů. V popisu drtiče bylo uvedeno, že drcení hnědého uhlí probíhá pouze v důsledku tlaku způsobeného vlastní tíhou rotujícího válce. Ten tedy nebyl zafixován a v případě drcení

příliš tvrdé horniny, která se pod jeho tíhou nerozpadla, se celý válec posunul po ose kolmé k deskám, o které drčení probíhalo. Směr možného zdvihu je vyznačen na výkresu na obrázku 15 [3].

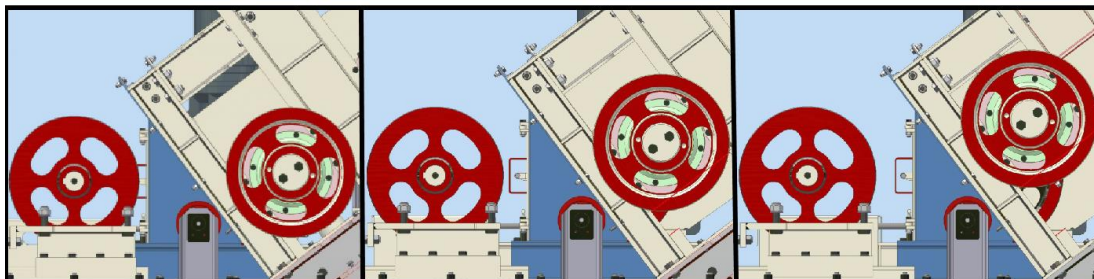


Obrázek 15: Znázornění směru zdvihu druhého drtícího válce

4.3. Změna vzdálenosti řemenic

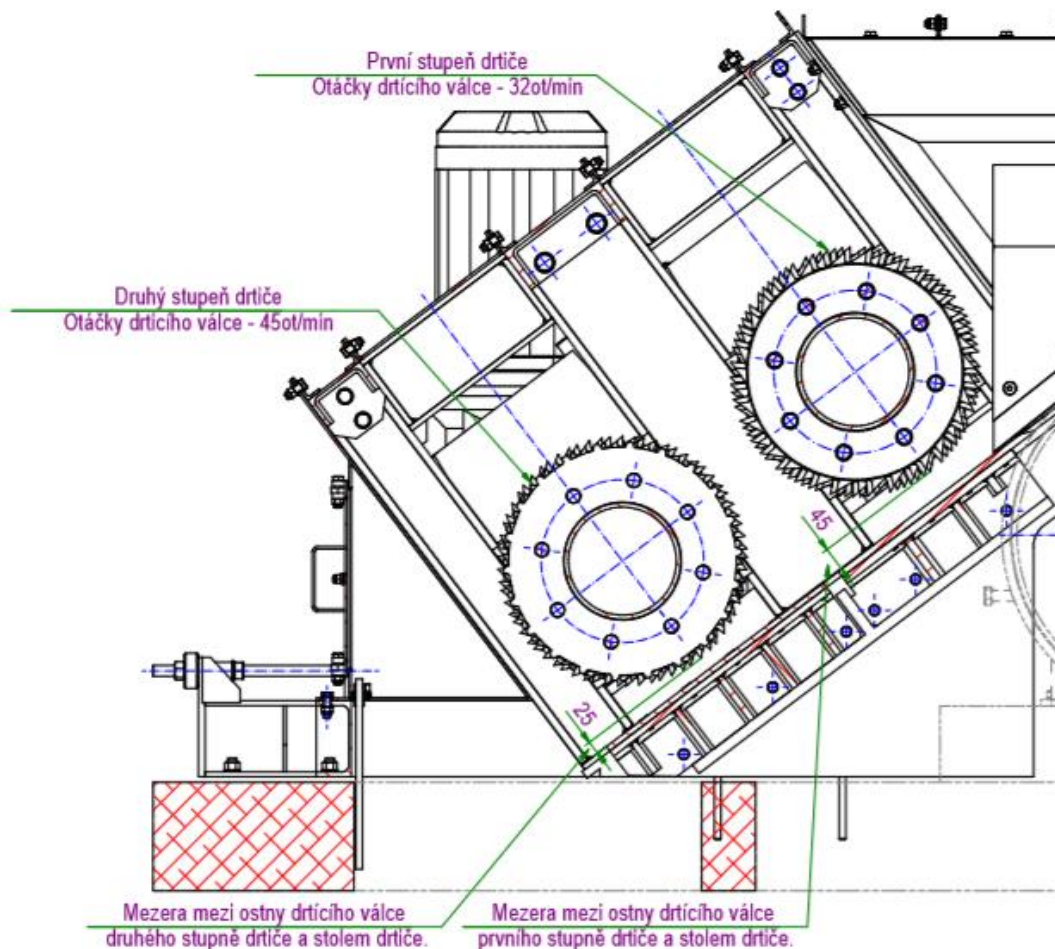
Na rozdíl od obou drtících válců byly jejich pohony ke konstrukci připevněny. Jelikož byl válcům umožněn pohyb po přísmce (viz obrázek 15), ale jejich motory zůstaly zafixovány, docházelo mezi drtícím válcem a motorem v případě nadskočení válce ke změně osové vzdálenosti. Pohyb drtícího válce vzhledem k motoru je zobrazen na obrázku 16. Samozřejmě se v okamžiku změny vzdálenosti drtícího válce od pohonu změnila i osová vzdálenost obou řemenic. Při měnící se osové vzdálenosti mezi řemenicemi nemohl být řemen přenášející kroutící moment stále napnutý.

Při povolení řemenů došlo k jejich prokluzu a následně se zastavila rotace druhého drtícího válce.



Obrázek 16: Zobrazení tří různých poloh pohybu drtícího válce

Jelikož v případě prvního stupně drtiče dochází k předdrcení přichozícího materiálu, je vzdálenost mezi drtícím válcem a deskami, o které probíhá drcení, značně větší než v případě druhého stupně. Z tohoto důvodu je první stupeň drcení méně náchylný na prokluz. V případě prvního stupně drcení je mezera mezi drtícím válcem a deskami čtyřicet pět milimetrů. U druhého stupně drcení je tato mezera jen dvacet pět milimetrů. Rozdílná vzdálenost mezi drtícími válci a deskami je patrná z obrázku 17.



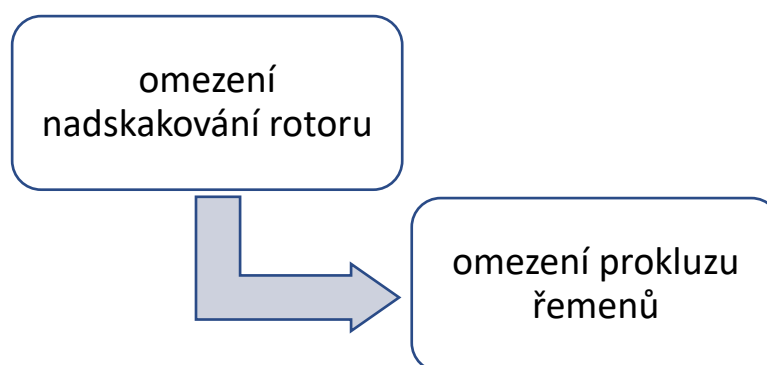
Obrázek 17: Zobrazení mezer mezi drticími válci a deskami

Právě z důvodu větší mezery mezi válcem a deskami u prvního stupně drcení nemusí samotný válec nadskakovat tak často při příchodu většího množství uhlí a také se jednodušeji vrací do výchozí polohy. Proto u něj téměř nedochází k prokluzu. Na prokluz u prvního stupně drcení se přišlo až po detailním pozorování, při kterém bylo zjištěno, že téměř okamžitě po nadskočení se drticí válec vrátí do své původní polohy, řemeny se dopnou a první stupeň drcení pokračuje. Naopak při druhém stupni drcení dochází již k jemnějšímu rozměňování na požadovanou výstupní zrnitost a vzhledem k výrazně menší vzdálenosti mezi drticím válcem a deskami dochází k nadskování válce mnohem častěji. U druhého stupně drtiče také nedochází k samovolnému dopnutí řemenů. Z uvedených důvodů byly dále řešeny pouze problémy s prokluzem řemenů druhého stupně drtiče.

5. NÁVRHY ŘEŠENÍ PROBLÉMU

5.1. Prvotní řešení

Jako nejjednodušší a nejrychlejší řešení nastalého problému se zdálo omezení zdvihu drticího válce druhého stupně na minimum. Pomocí několika konstrukčních změn, které by napomáhaly válci zůstat ve výchozí poloze, by byla zvětšena velikost síly nutné k nadzvednutí celého válce. Myšlenka těchto změn byla velmi prostá: čím méně se bude celý válec nadzvedávat, tím méně bude docházet ke změnám osové vzdálenosti řemenic. S omezením změn osové vzdálenosti by mělo dojít k minimalizaci prokluzu vznikajícího právě v důsledku přibližování řemenic. V tomto případě by zůstala zachována ochrana drticích kotoučů, zejména jejich ostnů [3].

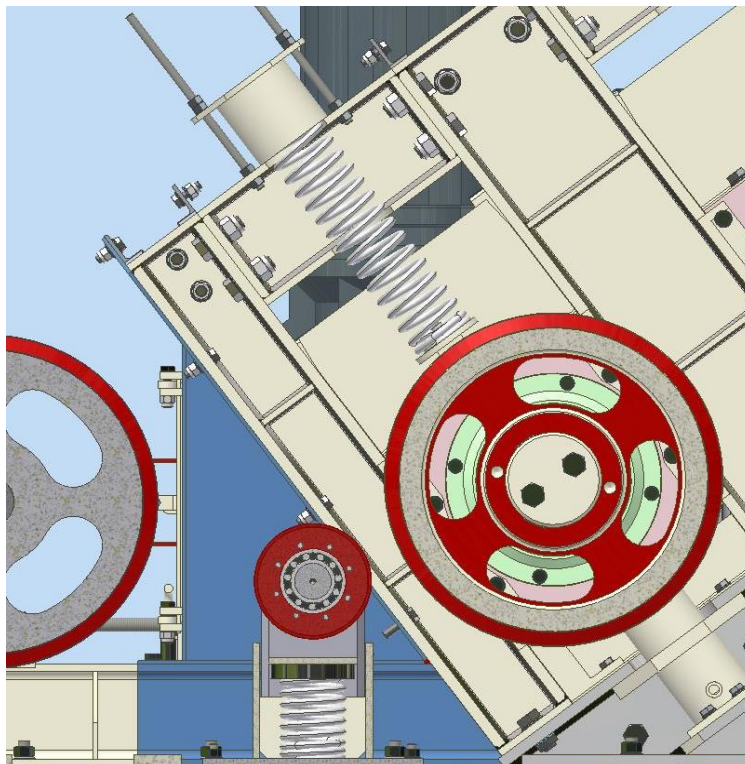


Obrázek 18: Princip prvotního řešení

Do konstrukce ostnatoválcového drtiče byly přidány pružiny. Ty byly umístěny na kraje drticího válce druhého stupně tak, aby tento válec přitlačovaly kolmo k deskám, o které probíhalo drcení. Pružiny v konstrukci drtiče jsou vidět na obrázku 19. Pro zdvih drticího válce tak bylo nutné silově překonat nejen jeho tíhu, ale i sílu způsobenou pružinami [3].

Zároveň s touto úpravou konstrukce drtiče byla provedena i změna u podpěrné kladky. I k této kladce byla přidána pružina, která měla zajišťovat dostatečné opásání řemenic. Silou působící od pružiny měla kladka dostatečně napínat řemeny i při zvýšení jejich polohy způsobené zdvihem druhého válce a jeho řemenice [3].

Pro porovnání je na výkresu na obrázku 14 v kapitole 4.1 zmíněná kladka bez pružin, zatímco na obrázku 19 níže je již s přidanou pružinou.



Obrázek 19: Zobrazení pružin v konstrukci drtiče [3]

Obě tyto změny v konstrukci drtiče byly provedeny a řádně otestovány. Výsledky zkoušek však nebyly vůbec uspokojivé a k přerušování přenosu krouticího momentu na drticí válec druhého stupně docházelo i po aplikaci zmíněných vylepšení.

Bude proto nutné navrhnout nové komplexní a spolehlivě funkční řešení nastalého problému.

5.2. Navržená řešení

Jako nová konstrukční řešení připadají v úvahu následující možnosti:

- Odebrání plošek distančních kotoučů
- Zdvih válce po kružnici
- Vytvoření paralelogramu
- Upevnění drticího válce
- Umožnění pohybu drticímu stolu
- Připojení pohonu přímo k drticímu válci

5.2.1. Odebrání plošek distančních kotoučů

Pro další minimalizaci zvedání válce druhého stupně drtiče bylo navrženo odebrání vyvýšených plošek z distančních kotoučů. Výkres distančního kotouče se zmíněnými ploškami je na obrázku 6 v kapitole 2.9. Základem tohoto návrhu je stejná myšlenka, která byla použita u změny konstrukce přidáním pružin přitlačujících drticí válec k deskám. Tedy snížit četnost změn osové vzdálenosti řemenic. Ukázalo se, že plocha těchto destiček v místě záběru je značná a ke zdvihu válce dochází příliš často. Výpočet plochy v místě styku s materiálem drceným mezi válcem a deskami je proveden dle vztahů (1) – (3). Z výkresu distančního kotouče na obrázku 6 jsou patrné rozměry zmíněných plošek. Šířka b jedné plošky distančního kotouče je deset milimetrů a její délka c je osm milimetrů. Plocha S_p jedné plošky tedy je:

$$S_p = b \cdot c = 10 \cdot 8 = 80 \text{ mm}^2 \quad (1)$$

Do kontaktu s drceným materiálem se dostávají vždy nanejvýš tři tyto plošky na jednom kotouči. Kontaktní plocha na jednom distančním kotouči S_k je:

$$S_k = 3 \cdot S_p = 3 \cdot 80 = 240 \text{ mm}^2 \quad (2)$$

Celkem je na drticím válci druhého stupně umístěno sto distančních kotoučů. Maximální kontaktní plocha plošek celého válce s drceným materiálem S_v je:

$$S_v = 100 \cdot S_k = 100 \cdot 240 = 24\,000 \text{ mm}^2 \quad (3)$$

Samozřejmě vzhledem k nesouvislému toku materiálu do drtiče nebudou zdaleka všechny plošky v kontaktu s přichozím materiálem a plocha destiček, která přispívá k nadskokování válce, bude výrazně menší.

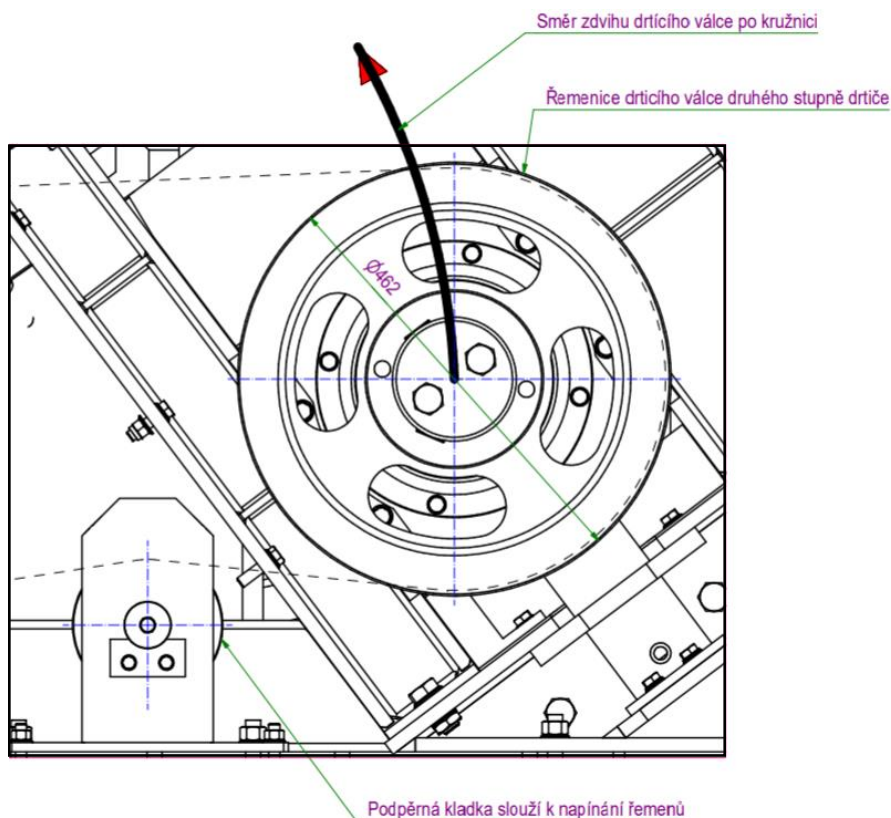
Pokud by se však drticí válec opřel celou vypočtenou plochou o velikosti dvacet čtyři tisíc milimetrů čtverečních o drcený materiál, k nadskokování válce by docházelo příliš snadno.

Styčná plocha ovlivňující nadskokování drticího válce je ale během jeho rotace stále přibližně stejná a k nadskokování tak dochází téměř nepřetržitě s tokem materiálu do drtiče, i když plánované bylo pouze při příchodu tvrdší horniny pro ochranu ostnů drticího kotouče a také pohonu drtiče. Odebráním plošek distančních kotoučů by mělo

dojít k výraznému snížení počtu zdvihů drtícího válce a tím k omezení prokluzu. Samozřejmě by pro tuto úpravu bylo nutné znovu vyrobit všechny distanční kotouče.

5.2.2. Zdvih válce po kružnici

Pro zachování konstantní osové vzdálenosti mezi řemenicemi pohonu druhého stupně drtiče a současně i pro zachování pohyblivosti drtícího válce pro jeho ochranu byla navržena komplexní změna v konstrukci drtiče týkající se jeho zdvihu. Drtícímu válci by již nebyl umožněn pohyb vzhůru po přímce kolmé k deskám, o které probíhá drcení, jak bylo zobrazeno na obrázku 15. Principem této změny by bylo umožnit válci pohyb pouze po kružnici se středem v ose otáčení řemenice motoru. Stejně jako je konstantní vzdálenost mezi kružnicí a jejím středem, byla by zachována stále stejná i osová vzdálenost obou zmíněných řemenic, a to při jakkoliv vysokém zdvihu drtícího válce. Navrhovaná trajektorie pohybu je znázorněna na obrázku 20.

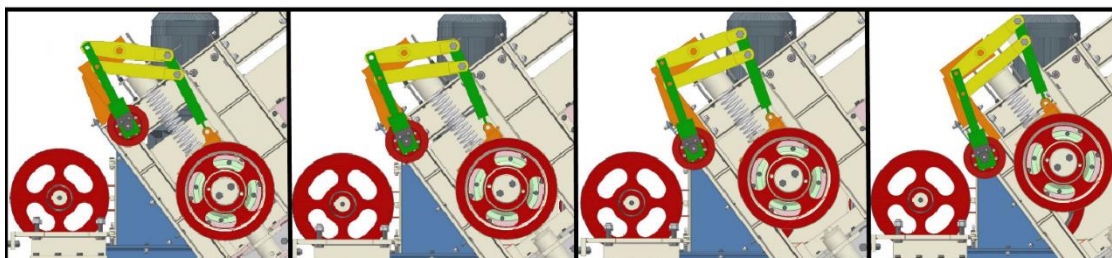


Obrázek 20: Znázornění možného směru zdvihu

Toto řešení by vyžadovalo značné zásahy do konstrukce ostnatoválcového drtiče, avšak změny v konstrukci by se týkaly pouze omezeného prostoru kolem drtících válců.

5.2.3. Vytvoření paralelogramu

Návrhem s minimálním zásahem do již sestavené robustní konstrukce ostnatoválcového drtiče bylo přidání paralelogramu. Ten by nijak neovlivňoval možnost změny osové vzdálenosti řemenic ani možnost nadskakování drticího válce, který by tak zůstal chráněn. Paralelogram byl navržen k dopínání řemenů v okamžiku zdvihu druhého drticího válce. Na konci paralelogramu, v místě dotyku s řemeny, by byla umístěna kladka. Při nadskočení drticího válce by paralelogram kladkou přitlačoval řemeny a způsoboval tak jejich dopínání. Po pádu drticího válce zpět do výchozí polohy by se opět kladka na konci paralelogramu odlehčila. Na obrázku 21 je znázorněn pohyb paralelogramu společně s pohybem drticího válce.



Obrázek 21: Znázornění pohybu paralelogramu ve čtyřech různých fázích

Z obrázku 21 je patrné, jak by mělo docházet k postupnému napínání řemenů kladkou současně se zdvihem válce.

5.2.4. Upevnění drticího válce

Dalším navrženým řešením vedoucím k odstranění nastalého problému by bylo upevnění všech komponent drtiče. Při tomto řešení by byl pevně spojen s konstrukcí nejen motor zajišťující pohon drticího válce, ale i samotný drticí válec. Nedošlo by tak k jeho nadskakování a vzdálenost obou řemenic by zůstávala konstantní. Upevněním řemenic ke konstrukci drtiče by bylo zabráněno prokluzu řemenů a drtič by byl schopen kontinuálně pracovat.

Při uskutečnění tohoto řešení by však nedocházelo k ochraně ostnů drticího válce při příchodu tvrdší horniny do drtiče. Válec by v tomto případě již nemohl nadskočit, čímž měl dle konstrukčních návrhů své ostny chránit. Poničení ostnů drticího válce druhého stupně bylo možné vidět na obrázku 11.

5.2.5. Umožnění pohybu drticímu stolu

Rozšířením návrhu řešení s upevněným drticím válcem bylo vytvoření návrhu s pohyblivými drticím stolem. Stůl by byl opět pokryt deskami z otěruvzdorného materiálu HARDOX 400, o které probíhá drcení pod ostny válce. Toto řešení by respektovalo ochranu ostnů drticího válce. Při příchodu tvrdší horniny by se však již nenadzvedl celý drticí válec. Ten by byl tak jako v předchozím navrženém řešení připevněn ke konstrukci drtiče stejně jako jeho pohon. Proto by bylo zabráněno pohybu obou řemenic a tím by přestalo docházet i k prokluzu řemenů. V tomto principu je návrh totožný s řešením nastalého problému pomocí upevnění drticího válce. Toto řešení bylo popsáno výše (kapitola 5.2.4). K ochraně drticích ostnů by nově docházelo pohybem spodního stolu.

Zmíněnému stolu by byl umožněn pohyb dolů, pokud by příchozí tvrdá hornina vyvinula tlak odpovídající tlaku dříve potřebnému k nadzvednutí drticího válce o hmotnosti zhruba tisíc šest set kilogramů. To by zajišťovaly pružiny, kterými by byl tento stůl přitlačován k válci. Principem drcení příchozího uhlí by již nebylo rozměňování tlakem vyvolaným vlastní tíhou drticího válce, který by byl nově připevněn ke konstrukci drtiče, ale tlakem vyvolaným zmíněnými pružinami, které by stůl přitlačovaly k drticímu válci. Konstrukci stolu by navíc bylo možné navrhnout tak, že by byl rozdělen na více částí. Na rozdíl od válce, který při příchodu tvrdší horniny nadskočil vždy celý, by se stůl nemusel propadat po celé šířce drtiče. Propadnout by se vždy mohla jen ta část stolu, na kterou tvrdší hornina přijela. Tím by byly chráněny ostny drticího válce nad danou částí stolu, ale zároveň by se neměnila vzdálenost mezi drticím válcem a stolem na jiných místech. Toto opatření by tak mohlo omezit množství vycházejícího nadsítného zrna.

5.2.6. Připojení pohonu přímo k drticímu válci

Jako nejjistější řešení, jak zabránit prokluzu řemenů, bylo navrženo řemenový převod odstranit. Použitím tohoto řešení by byla značně zjednodušena část konstrukce týkající se pohonu druhého stupně drtiče. Při návrhu tohoto řešení již nebyl uvažován přenos kroutícího momentu pomocí řemenů. Odstraněny by tak byly obě řemenice a samotný motor by byl přesunut. Navrženo bylo připojit motor přímo k hřídeli drticího válce druhého stupně drtiče. Použitím přímého pohonu drticího válce by byla

významně omezena ochrana motoru před nepravidelnými vibracemi a rázy. Použití řemenů k přenosu kroutícího momentu na drticí válec druhého stupně bylo vybráno právě z důvodů ochrany samotného motoru. Tyto důvody byly zmíněny v kapitole 3.4.

6. VYHODNOCENÍ NAVRŽENÝCH ŘEŠENÍ

Všechna uvedená navrhovaná řešení odstranění problému s prokluzem řemene pohonu druhého stupně ostnatoválcového drtiče hnědého uhlí mají své klady i zápory. Ty jsou dále pro jednotlivé návrhy shrnuty. Nejvýznamnější klady i zápory jsou mezi sebou u jednotlivých návrhů porovnány

6.1. Vyhodnocení návrhu odebrání plošek

Odebrání plošek by mělo omezit nadskakování celého drticího válce a tím omezit i četnost změn osových vzdáleností řemenic. Nutností by bylo vyrobit zcela nové distanční kotouče. Nespornou výhodou by však bylo provedení optimalizace bez zásahů do robustní konstrukce ostnatoválcového drtiče. Náklady na nové distanční kotouče by tak byly výrazně nižší než rozsáhlejší úpravy stávající konstrukce. Tato úprava by navíc byla prostorově nenáročná. Celý drtič by si zachoval své původní rozměry. Stejně tak by zůstaly zachovány všechny konstrukční výhody původního drtiče jako například ochrana ostnů či pohonu. Největším záporům tohoto řešení je předpoklad, že nedojde zcela k odstranění řešeného problému. Použitím tohoto řešení by došlo pouze k minimalizaci prokluzu řemenů, ale ne k jeho kompletnímu odstranění. Nejvýznamnější klady a zápory tohoto navrženého řešení jsou shrnuty v tabulce 1.

Tabulka 1: Porovnání hlavních kladů a záporů návrhu odebrání plošek

Nejvýznamnější klady	Nejvýznamnější zápory
Nízká cena Ochrana pohonu i ostnů Malé zásahy do stávající konstrukce	Nejistá funkčnost

6.2. Vyhodnocení návrhu zdvihu po kružnici

Umožnit drticímu válci druhého stupně zdvih pouze po kružnici se středem v ose řemenice pohonu by zajistilo konstantní osovou vzdálenost obou řemenic. Jedná se tak o mnohem spolehlivější řešení než v případě odstranění plošek distančních kotoučů drticího válce. Stejně jako v případě odebrání destiček by zůstaly zachovány konstrukční výhody původního drtiče jako například ochrana ostnů či pohonu. Toto řešení by však vyžadovalo velké změny v celé konstrukci ostnatoválcového drtiče.

Provést všechny úpravy by bylo značně časově i finančně náročné. Další nevýhodou by mohlo být horší navrácení do výchozí polohy, pokud by drticí válec vyskočil příliš vysoko do místa, kde by již nebyl dostatečný sklon umožňující hladký návrat. V případě, že by válec zůstal zdvihnutý takto daleko od desek, o které probíhá drcení, mohla by být ovlivněna kvalita vycházejícího materiálu. Nejvýznamnější klady a zápory tohoto navrženého řešení jsou shrnuty v tabulce 2.

Tabulka 2: Porovnání hlavních kladů a záporů návrhu zdvihu po kružnici

Nejvýznamnější klady	Nejvýznamnější zápory
Spolehlivost	Značné zásahy do konstrukce
Ochrana pohonu i ostnů	Časová i finanční náročnost

6.3. Vyhodnocení návrhu přidání paralelogramu

Použitím paralelogramu k dopínání řemenů by zůstala zachována celá již vyrobená konstrukce drtiče. Pouze by k ní byla připevněna konstrukce samotného paralelogramu. Stejně jako v případě předchozích návrhů by tak zůstaly zachovány výhody původní konstrukce drtiče. Toto řešení by bylo rozhodně méně finančně náročné než výroba sta nových distančních kotoučů či změny v celé konstrukci drtiče. Další výhodou přidání paralelogramu by byla schopnost drticího válce roztočit se i v mimopracovní poloze. Nejvýznamnější záporem tohoto řešení je opět nejistá spolehlivost. Při vyhodnocování funkčnosti paralelogramu nastaly pochybnosti týkající se nedostatečného napínání řemenů ve všech polohách. Při rychlém nadskakování válce do různých poloh by nemusely být vždy řemeny dopínány spolehlivě v celé délce zdvihu válce a k zastavování rotace drticího válce by mohlo docházet i po instalaci paralelogramu. Nejvýznamnější klady a zápory tohoto navrženého řešení jsou shrnuty v tabulce 3.

Tabulka 3: Porovnání hlavních kladů a záporů návrhu přidání paralelogramu

Nejvýznamnější klady	Nejvýznamnější zápory
Nízká cena	Nejistá funkčnost
Ochrana pohonu i ostnů	
Malé zásahy do stávající konstrukce	

6.4. Vyhodnocení návrhu upevnění válce

Při upevnění celého drticího válce druhého stupně drtiče by byla rovněž ustálena osová vzdálenost řemenic. Nepochybně by tak bylo zabráněno prokluzům vznikajícím právě z důvodu zkracování této vzdálenosti. Optimalizace konstrukce s použitím tohoto řešení by bylo finančně nejméně náročné. Při uskutečnění tohoto řešení by již nezůstala výhoda původní konstrukce drtiče v podobě ochrany ostnů. Při jakémkoli příchodu tvrdšího materiálu by docházelo k jejich poškození. Pokud by navíc došlo k výraznému poškození více ostnů, mohlo by to mít opět negativní vliv na výslednou kvalitu drceného uhlí. Navíc by se kvůli poničeným ostnům musely mnohem častěji měnit drticí kotouče. Tyto výměny by byly velmi nákladné nejen z důvodu výroby nových kotoučů obráběných vodním paprskem, ale také by se musel zastavit provoz na daném úseku Úpravny po celou dobu výměny drticích kotoučů. Nejvýznamnější klady a zápory tohoto navrženého řešení jsou shrnuty v tabulce 4.

Tabulka 4: Porovnání hlavních kladů a záporů návrhu upevnění válce

Nejvýznamnější klady	Nejvýznamnější zápory
Spolehlivost principu řešení	Bez ochrany ostnů
Ochrana pohonu	Nutnost častých oprav
Malé zásahy do stávající konstrukce	

6.5. Vyhodnocení návrhu pohyblivého stolu

Jelikož tento návrh vychází z návrhu upevnění drticího válce druhého stupně drtiče, zachovává si i jeho nejvýznamnější výhodu, tedy vysokou spolehlivost principu řešení problému s prokluzem řemenů. Umožněním pohybu drticímu stolu by však odstranilo největší nevýhodu původního návrhu: omezení ochrany ostnů. Pohyb válce by převzal právě stůl, a tak by opět docházelo k ochraně ostnů jako v původní konstrukci drtiče. Nevýhodou by však mohlo být zasekávání kousků uhlí mezi pohybujícími se částmi stolu, a tím způsobené zhoršení návratu částí stolu do výchozí polohy. Další nevýhodou jsou nutné značné zásahy do konstrukce drtiče. Ty by byly opět časově i finančně velmi náročné. Nejvýznamnější klady a zápory tohoto navrženého řešení jsou shrnuty v tabulce 5.

Tabulka 5: Porovnání hlavních kladů a záporů návrhu pohyblivého stolu

Nejvýznamnější klady	Nejvýznamnější zápory
Spolehlivost principu	Značné zásahy do stávající konstrukce
Ochrana pohonu i ostnů	Časová náročnost
	Finanční náročnost

6.6. Vyhodnocení návrhu přímého pohonu

Připojení pohonu k drticímu válci napřímo by bylo nejjistěji funkční řešení. Výhodou by bylo zjednodušení celé konstrukce odstraněním řemenového převodu. Mohla by být zachována i pohyblivost drticího válce a tím i ochrana jeho ostnů. Nevýhodou by byla nutnost zesílení konstrukce, aby mohl být motor s nemalou hmotností napřímo připojen k drticímu válci. Největší nevýhodou by však byla ztráta ochrany motoru před vibracemi a rázy od drticího válce. Tato nevýhoda by mohla být kompenzována výběrem motoru s ještě větším výkonem a tím vyšším koeficientem bezpečnosti zaručujícím jeho spolehlivost. Nejvýznamnější klady a zápory tohoto navrženého řešení jsou shrnuty v tabulce 6.

Tabulka 6: Porovnání hlavních kladů a záporů návrhu přímého pohonu

Nejvýznamnější klady	Nejvýznamnější zápory
Spolehlivost	Značné zásahy do stávající konstrukce
Ochrana pohonu i ostnů	Časová náročnost
	Finanční náročnost

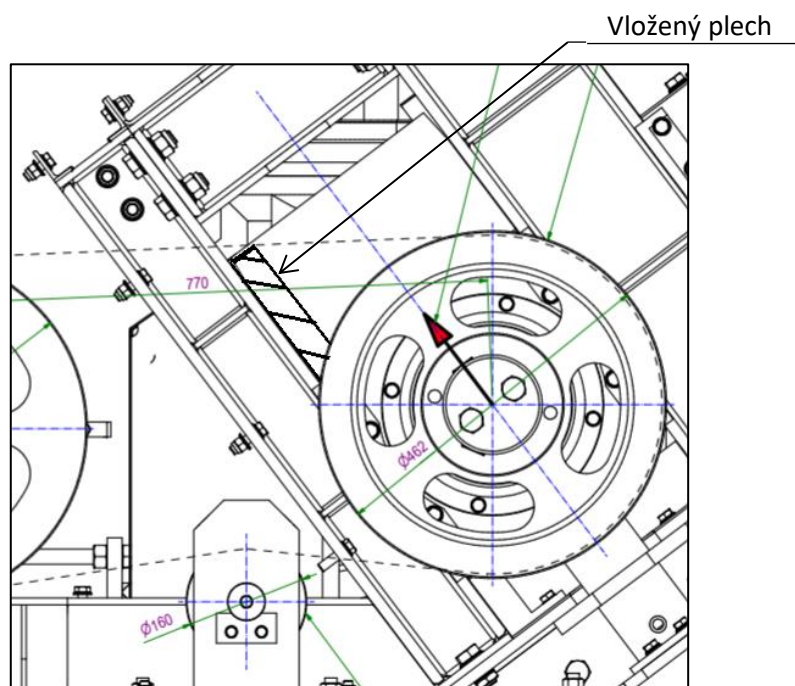
7. TESTOVACÍ ŘEŠENÍ

Před provedením finálního rozhodnutí bylo žádoucí otestovat hlavní princip navržených řešení pro ověření jeho funkčnosti v co nejkratším časovém intervalu a se snahou vynaložit co nejméně financí i v případě nefunkčnosti principu. Z těchto důvodů bylo vybráno jedno testovací řešení a následně provedeny zátěžové zkoušky.

7.1. Výběr testovacího řešení

Jako nejsnazší a finančně nejméně náročné řešení bylo vyhodnoceno upevnění drtícího válce druhého stupně drtiče do základní drtící polohy. Z těchto důvodů bylo zmíněné řešení vybráno k použití při testovacím provozu. Vzhledem k jeho nesporným nevýhodám nebylo počítáno s jeho trvalým užíváním.

Pro testovací řešení bylo rozhodnuto o zafixování drtícího válce vložení plechu do konstrukce drtiče. Plech o tloušťce dvacet milimetrů byl vložen nad ložiskový domek tak, aby zabránil jedinému možnému pohybu drtícího válce, tedy vzhůru. Na výkresu na obrázku 22 je znázorněn přidaný plech i šipka ve směru původně možného pohybu.



Obrázek 22: Výkres upevněného drtícího válce druhého stupně

Cílem zkušebního provozu se zafixovaným drtícím válcem bylo ověření jeho funkčnosti a také funkčnosti celého principu nejen tohoto řešení.

7.2. Výsledky zkušebního provozu

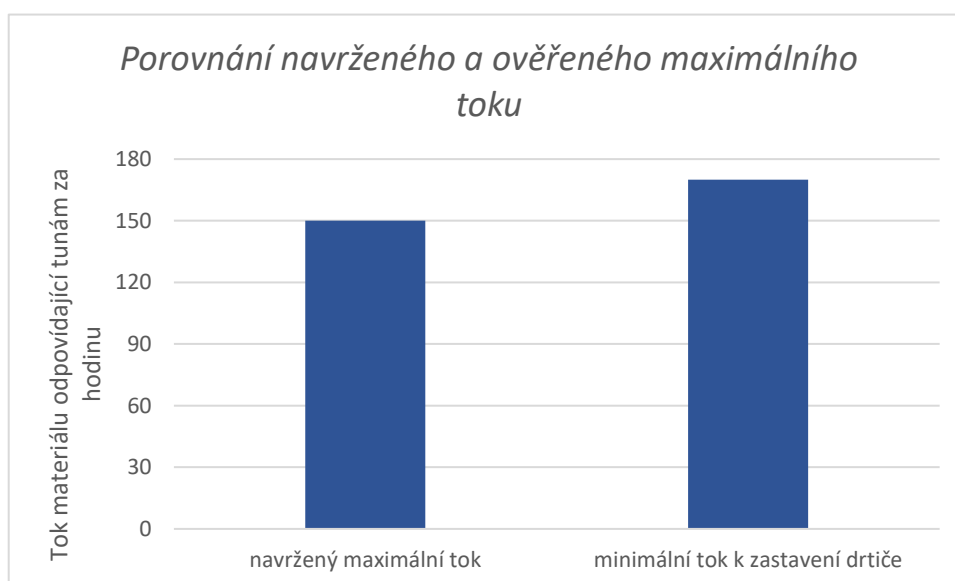
Zkušební provoz trval několik hodin a testování proběhlo s podstoupením rizika poškození ostnů drticích kotoučů. Výsledky zkušebního provozu s vybraným testovacím řešením byly uspokojivé. V průběhu testů nedocházelo k nadzvedávání drticího válce a řemeny zůstaly dostatečně napnuté po celou dobu zkušebního provozu. Při zkušebním provozu s upevněným válcem již také vůbec nedošlo k prokluzu řemenů.

V průběhu zkušebního provozu bylo nasimulováno i minimální množství přichozího materiálu do drtiče, při kterém dojde k zastavení drcení. Drtič se však nezastavil z důvodu prokluzu řemenů, ale zastavil se motor pohonu druhého stupně drtiče. Ověřené množství materiálu, při kterém se drtič zastavil, odpovídalo sto sedmdesáti tunám za hodinu. Ostnatoválcový drtič byl navržen na tok uhlí odpovídající sto padesáti tunám za hodinu. Výsledné hodnoty jsou zobrazeny v tabulce 7 níže.

Tabulka 7: Hodnoty navrženého a ověřeného maximálního toku

navržený maximální tok	150 t/h
minimální tok k zastavení drtiče	170 t/h

V grafu 2 jsou obě hodnoty zaneseny ke snadnému porovnání. Při toku materiálu, pro který byl drtič navržen, k zastavení nedošlo.



Graf 2: Porovnání navrženého a ověřeného maximálního toku

7.3. Vyhodnocení výsledků testovacího řešení

Během zkušebního provozu s upevněným drticím válcem byla úspěšně ověřena funkčnost testovaného řešení a také funkčnost celého principu nejen tohoto řešení. Z výsledků zkušebního provozu byla očekávána spolehlivost všech řešení omezující nadsakování drticího válce druhého stupně drcení i dalších řešení na principu zachování konstantní osové vzdálenosti řemenic.

Výsledky zkušebního provozu byly uspokojivé i v oblasti ověření maximálního bezpečného toku materiálu do ostnatoválcového drtiče. Ověřené množství bylo vyšší než množství požadované a navržené.

8. VÝBĚR STÁLÉHO ŘEŠENÍ

8.1. Nutnost rozdělení řešení

Na základě výsledků z provedeného zkušebního provozu bylo možné vybrat nejvhodnější komplexní řešení optimalizace konstrukce ostnatoválcového drtiče hnědého uhlí. Po konzultaci se zadávající společností a také vzhledem k ambicím vyrábět další ostnatoválcové drtiče nejen k užívání na jiných stanovištích Úpravny uhlí Ledvice, ale i k prodeji jiným společnostem, bylo rozhodnuto o nutnosti výběru dvou různých řešení.

8.2. Kritéria prvního řešení

První navržené řešení bude uskutečněno na již vyrobeném drtiči umístěném na konci dopravníku TD5b. Toto řešení musí respektovat požadavek co nejmenších zásahů do již existující konstrukce drtiče a to nejen z finančních důvodů, ale i z důvodů časových. Spuštění ostrého provozu je totiž žádané v řádu několika týdnů. Toto řešení bude taktéž omezené dostupným prostorem na konci pásového dopravníku TD5b.

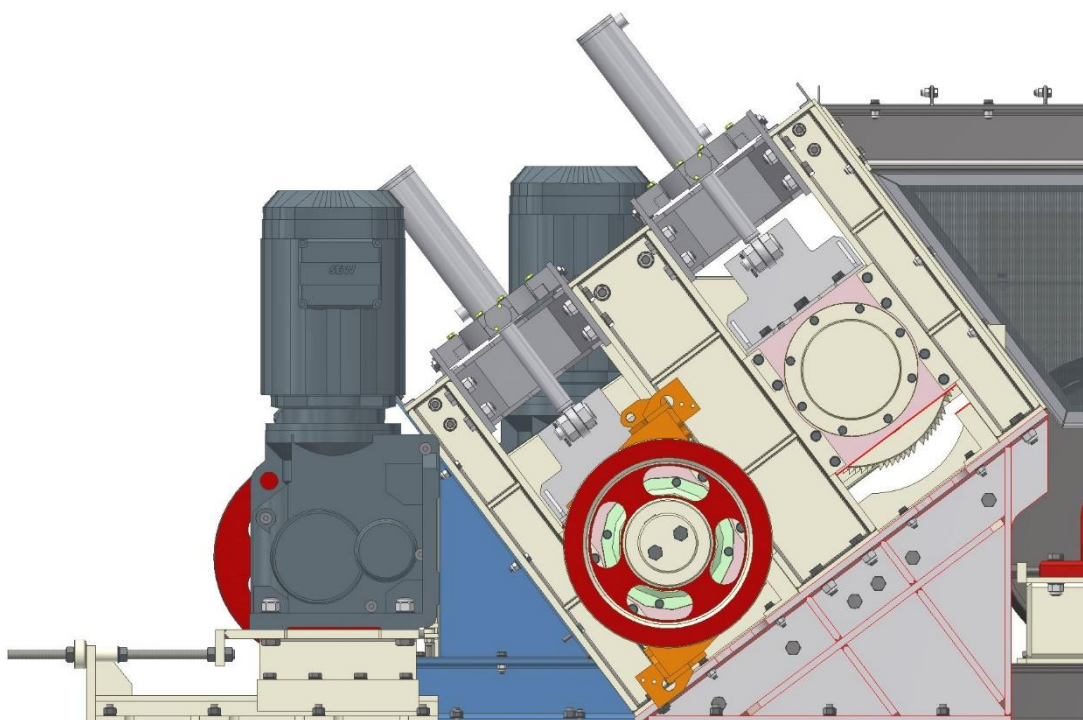
8.3. Kritéria druhého řešení

Druhé navržené řešení se bude týkat všech následně vyrobených drtičů. Vzhledem k navyšování poptávky po produktu Ořech2, vysvětlenému v kapitole 2.1, se předpokládá zájem o další drtiče, a to nejen od společnosti Severočeské doly, ale i od její konkurence. Právě vzhledem k celkové výrobě nových drtičů zde nemusí být brán zřetel na množství zásahů do původně navržené konstrukce. Zajisté však zůstane zachován princip drcení válci s ostny, jelikož je jím dosaženo velmi malého množství podsítné velikosti výstupního zrna. Právě s ohledem na toto kritériu byl vyvíjen zcela nový drtič.

8.4. První vybrané řešení

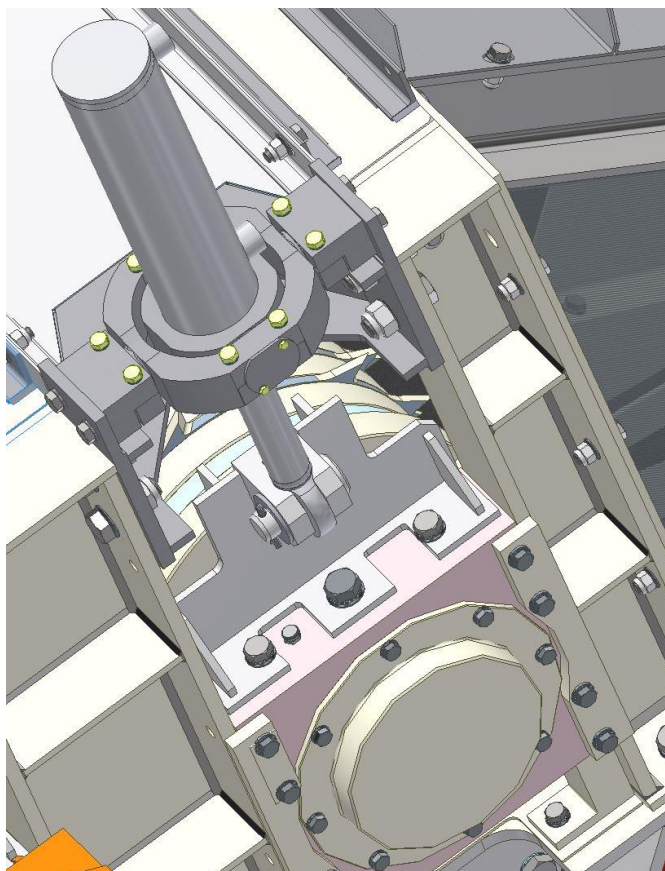
Pro optimalizaci konstrukce stávajícího ostnatoválcového drtiče hnědého uhlí bylo vybráno řešení respektující potřeby zadávající společnosti nasadit zařízení do ostrého provozu v co nejkratším časovém úseku a současně vycházející z uspokojivých výsledků při provedeném testovacím provozu s upevněným drticím válcem. Z těchto důvodů vychází výsledné řešení přímo z navrženého a otestovaného řešení upevnění drticího válce.

Ve výsledném řešení však upevnění neproběhne pomocí přidání plechu do konstrukce drtiče jako u řešení testovacího. Válec bude přitlačován do základní pozice pomocí hydraulického válce. Z původní konstrukce ostnatoválcového drtiče budou odebrány hydraulické válce umožňující zdvih drticího válce do mimopracovní polohy. Jejich hydraulický agregát se použije pro nově přidané přitlačné hydraulické válce. V předem určených časových intervalech budou přitlačné hydraulické válce dotlačovat drticí válec. Na obrázku 23 je zobrazen model ostnatoválcového drtiče s přidanými hydraulickými válci.



Obrázek 23: Model drtiče s přidanými hydraulickými válci

Na obrázku 24 níže je detail uchycení hydraulického válce ke konstrukci drtiče a jeho připevnění k drticímu válci. Připevnění k válci bude provedeno pomocí nově vyrobených profilů přišroubovaných nad ložiskový domek. Do okruhu hydraulických válců bude nově přidán ochranný prvek – akumulátor. V případě příchodu tvrdší horniny do drtiče, která by mohla poškodit drticí ostny, vyvolá hornina zvýšení tlaku na válec a tím i zvýšení tlaku v celém okruhu. Při přílišném zvýšení tlaku v okruhu by měl zafungovat akumulátor, který uvolní tlak v hydraulických válcích a umožní drticímu válci nadskočení. Tím zůstane zachována funkce ochrany drticích ostnů.



Obrázek 24: Detail uchycení hydraulického válce

V hydraulickém obvodu se také připraví odbočka, kterou bude možné v případě potřeby využít k vyšší míře automatizace drticího procesu. Pokud by bylo příliš často nutné dotahovat napínací šrouby uchycující pohony drtičů a tím dopínat řemeny, mohly by být tyto napínací šrouby nahrazeny hydraulickými válci a dopínání by mohlo probíhat automaticky v předem nastavených časových intervalech nebo při poklesu tlaku způsobeném uvolněním řemenů.

Aby nedocházelo k vyvolávání kritického tlaku vedoucím k uvolňování drticího válce zbytečně často, použije se navíc ještě druhé navržené řešení. Z distančních kotoučů budou odebrány jejich plošky. Tím dojde k omezení tlaku způsobujícího příliš časté nadskakování.

8.5. Druhé vybrané řešení

Pro optimalizaci konstrukce všech nově vyrobených ostnatoválcových drtičů hnědého uhlí bude vybráno řešení na základě zajištění maximální spolehlivosti nejen principu řešení nastalého problému, ale i dlouhodobé spolehlivosti celého zařízení. Tím bude možné zajistit odběratelům nižší náklady na údržbu. Také by mělo docházet k méně častým odstávkám úpraven materiálu z důvodu údržby drtičů tak, aby byla investice do nových ostnatoválcových drtičů ekonomicky výhodná.

Z uvedených důvodů bylo doporučeno použít řešení s pohyblivým drticím stolem. Ten by mohl být podpírán dle návrhu pružinami, nebo stejně jako v případě prvního řešení, které se týká již vyrobeného drtiče, hydraulickými válci. Stejně jako v případě prvního řešení bylo opět doporučeno odebrat plošky distančních kotoučů.

9. ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout konstrukční změny ostnatoválcového drtiče hnědého uhlí navrženého a vyrobeného společností Prodeco dle požadavků zadávající společnosti Severočeské doly. Drtič nebyl schopný kontinuálně pracovat a bylo potřeba vymyslet spolehlivé řešení vzniklého problému.

Aby bylo možné porozumět nastalému problému, byla v úvodní části této bakalářské práce popsána stávající konstrukce ostnatoválcového drtiče. V této kapitole byl také stručně popsán jeho vývoj.

Po popisu konstrukce ostnatoválcového drtiče se již práce zaměřila na samotný problém s přenosem kroutícího momentu. Byly vysvětleny důvody použití klínových řemenů, u kterých nastával problém s jejich prokluzem.

Důvody prokluzu řemenů byly popsány v následující kapitole. Byla zde odhalena hlavní příčina prokluzu. Dále bylo vysvětleno, proč se problém týkal převážně druhého stupně drcení.

V bakalářské práci byla následně navržena a popsána nová řešení pro vylepšení konstrukce ostnatoválcového drtiče uhlí. Všechna tato řešení měla odstraňovat problémy s prokluzem řemenů na řemenicích.

Porovnání těchto řešení proběhlo v další kapitole. Bylo nutné zvážit všechny klady i záporny navržených řešení. Nejvýznamnější z nich byly následně porovnány, aby bylo možné vybrat optimální řešení. Návrhy byly porovnány i z ekonomického a časového hlediska.

Pro ověření funkčnosti a spolehlivosti principu vybraných řešení byl uskutečněn zkušební provoz s upevněným drticím válcem. V bakalářské práci jsou vyhodnoceny výsledky tohoto testovacího provozu.

Na základě těchto výsledků bylo vybráno nejvhodnější řešení optimalizace konstrukce ostnatoválcového drtiče hnědého uhlí. Vzhledem k ambicím vyrábět další drtiče stejného typu bylo nutné vybrat dvě řešení. Obě vycházela z dříve porovnaných návrhů. První řešení se týkalo již vyrobeného ostnatoválcového drtiče umístěného na konci pásového dopravníku TD5b v Úpravně uhlí v Ledvicích.

Druhé vybrané řešení úpravy drtiče se bude týkat všech následně vyrobených ostnatoválcových drtičů. Ty se budou vyrábět zejména kvůli uspokojivým výsledkům kvality výchozího materiálu s minimálním podílem podsítného zrna a také díky svým kompaktním rozměrům v porovnání s podobnými drtiči.

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

$O\check{R}2$	<i>Ořech2, druh tříděného uhlí</i>
S_p	<i>Plocha jedné plošky</i>
S_k	<i>Kontaktní plocha jednoho distančního kotouče</i>
S_v	<i>Maximální kontaktní plocha plošek drtícího válce</i>
b	<i>Šířka jedné plošky distančního kotouče</i>
c	<i>Délka jedné plošky distančního kotouče</i>

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A INTERNETOVÝCH ZDROJŮ

- [1] ŠVEC, V.: Části a mechanismy strojů. Spoje a části spojovací. Praha: ČVUT, 2008.
- [2] ŠVEC, V.: Části a mechanismy strojů. Mechanické převody. Praha: ČVUT, 2003.
- [3] PRODECO, a.s.: Interní dokumentace 2015–2019
- [4] SEVEROČESKÉ DOLY, a.s.: Interní dokumentace 2004–2019
- [5] OSTNATOVÁLCOVÝ DRTIČ NA PD TD 5b. In: *www.prodeco.cz* [online]. Dostupné z: <http://www.prodeco.cz/news/62/47/Ostnatovalcovy-drtic-na-PD-TD-5b>
- [6] VÝROČNÍ ZPRÁVA. In: *www.sdas.cz* [online]. Dostupné z: https://www.sdas.cz/vyrocnizpravy/SD_VZ_2017.pdf
- [7] ZÁKLADNÍ INFORMACE o společnosti. In: *www.sdas.cz* [online]. Dostupné z: <https://www.sdas.cz/spolecnost/profil-spolecnosti/zakladni-informace-o-spolecnosti.aspx>
- [8] *Vyhláška Českého báňského úřadu o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při úpravě a zušlechťování nerostů*. 1989, 1989(51)
- [9] HOLBEIN, Milan. Úpravnictví. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1983

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Dotčené druhy tříděného uhlí.....	11
Obrázek 2: Schéma požadavku na drtič	11
Obrázek 3: Výkres drticího kotouče prvního stupně drtiče.....	14
Obrázek 4: Výkres distančního kotouče prvního stupně drtiče	14
Obrázek 5: Vzniklý drticí válec.....	15
Obrázek 6: Výkres distančního kotouče druhého stupně drtiče	16
Obrázek 7: Výkres drticího kotouče druhého stupně drtiče	17
Obrázek 8: Dvoustupňový ostnatoválcový drtič.....	17
Obrázek 9: Povolené řemeny v mimopracovní poloze.....	19
Obrázek 10: Hradítko.....	20
Obrázek 11: Detail s viditelnými deformacemi některých ostnů	21
Obrázek 12: Zobrazení napínacích šroubů – pohled z boku	22
Obrázek 13: Zobrazení napínacích šroubů – pohled shora	23
Obrázek 14: Zobrazení napínací kladky ve výkresu	24
Obrázek 15: Znázornění směru zdvihu druhého drticího válce.....	25
Obrázek 16: Zobrazení tří různých poloh pohybu drticího válce	26
Obrázek 17: Zobrazení mezer mezi drticími válci a deskami	27
Obrázek 18: Princip prvotního řešení.....	28
Obrázek 19: Zobrazení pružin v konstrukci drtiče	29
Obrázek 20: Znázornění možného směru zdvihu	31
Obrázek 21: Znázornění pohybu paralelogramu ve čtyřech různých fázích	32
Obrázek 22: Výkres upevněného drticího válce druhého stupně	39
Obrázek 23: Model drtiče s přidanými hydraulickými válci	43
Obrázek 24: Detail uchycení hydraulického válce.....	44

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Vývoj prodeje dotčených druhů hnědého uhlí v uplynulých patnácti letech.....	9
Graf 2: Porovnání navrženého a ověřeného maximálního toku	39

SEZNAM VÝPOČTOVÝCH VZTAHŮ

(1): Výpočet plochy jedné plošky	29
(2): Výpočet kontaktní plochy jednoho kotouče	29
(3): Výpočet maximální kontaktní plochy.....	29

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Porovnání hlavních kladů a záporů návrhu odebrání plošek.....	35
Tabulka 2: Porovnání hlavních kladů a záporů návrhu zdvihu po kružnici.....	36
Tabulka 3: Porovnání hlavních kladů a záporů návrhu přidání paralelogramu.....	36
Tabulka 4: Porovnání hlavních kladů a záporů návrhu upevnění válce	37
Tabulka 5: Porovnání hlavních kladů a záporů návrhu pohyblivého stolu.....	38
Tabulka 6: Porovnání hlavních kladů a záporů návrhu přímého pohonu	38
Tabulka 7: Hodnoty navrženého a ověřeného maximálního toku	40

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha I. Prohlášení o povolení materiálu SD, a.s. pro zpracování bakalářské práce
- Příloha II: Souhlas s použitím technického řešení společnosti PRODECO, a.s. do bakalářské práce

Příloha č. 1: Prohlášení o povolení materiálu SD a.s. pro zpracování Bakalářské práce

Novotný Patrik
Hradiště 47
Bžany, 415 01
Tel.: 776 884 050

Žádost o souhlas s použitím podkladů při zpracování Bakalářské práce

Žádám o písemný souhlas při použití materiálů SD a.s. v souvislosti se zpracováním bakalářské práce.

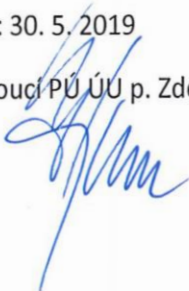
Téma: „Optimalizace konstrukce ostnatoválcového drtiče uhlí“

1. Úvod
2. Popis drtiče
3. Popis problému
4. Rozbor příčin problému
5. Návrhy řešení problému
6. Vyhodnocení navržených řešení
7. Testovací řešení
8. Výběr stálého řešení
9. Závěr

Souhlasím

Dne: 30. 5. 2019

Vedoucí PÚ ÚU p. Zdeněk Zíbar





PRODECO, a.s., Důlní 437, Mostecké Předměstí, 41801 Bilina
Společnost je zapsána v obchodním rejstříku vedeném Krajským soudem
v Ústí nad Labem odd. B, vložka 989 | IČ 25020790 | DIČ CZ25020790

Bankovní spojení: Komerční banka, a.s., číslo účtu: 759310207/0100
Tel.: 0042/417804911 | Fax: 0042/417804912
e-mail: prodeco@prodeco.cz | www.prodeco.cz

Student
Patrik Novotný
Hradiště 47
415 01 Bžany

VÁŠ DOPIS ZNAČKY/ZE DNE

NAŠE ZNAČKA

VYŘIZUJE/LINKA


DATUM
4. 6. 2019

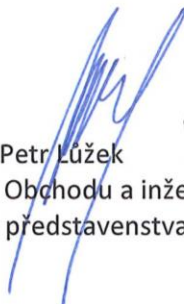
Souhlas s použitím technického řešení společnosti PRODECO, a.s. do bakalářské práce

Vážený pane,

souhlasíme s použitím popisu technického řešení rotorového „ostnatoválcového“ drtiče uhlí do Vaší bakalářské práce, a to vč. fotografií a souvisejících dat z výkresové a technické dokumentace.

U závěrečné obhajoby bakalářské práce Vám přejeme mnoho úspěchů.


Ing. Ladislav Michálek
ředitel úseku Výroba
a člen představenstva


Ing. Petr Lůžek
ředitel úseku Obchodu a inženýringu
a člen představenstva

