



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

ŘÍZENÍ VÝMĚNY NÁSTROJŮ A OPTIMALIZACE VÝROBNÍHO PROCESU ZA ÚČELEM SNÍŽENÍ NÁKLADŮ NA PROSTOJE

TOOL MANAGEMENT AND PROCESS OPTIMALIZATION WITH THE AIM OF THE COST REDUCTION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Katarína Košútová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Strejček, Ph.D., MBA

BRNO 2019

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Studentka: **Bc. Katarína Košútová**
Studijní program: Strojní inženýrství
Studijní obor: Strojírenská technologie a průmyslový management
Vedoucí práce: **Ing. Jan Strejček, Ph.D., MBA**
Akademický rok: 2018/19

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 diplomové práce:

Řízení výměny nástrojů a optimalizace výrobního procesu za účelem snížení nákladů na prostoje

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem studenta je navrhnout proces výměny nástrojů a optimalizaci výrobního procesu ve strojírenské společnosti za účelem snížení nákladů na prostoje.

Cíle diplomové práce:

1. Analýza procesu výměny nástrojů.
2. Nalezení úzkých míst.
3. Návrh opatření.
4. Vyčíslení nákladů a jejich zdůvodnění.
5. Vyhodnocení.

Seznam doporučené literatury:

KUBÍK, Roman a Jan STREJČEK. Technologické projekty a manipulace s materiálem. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2015. ISBN 978-80-214-5260-2.

HLAVENKA, Bohumil. Projektování výrobních systémů: technologické projekty I. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-2871-6.

Projektovanie výrobných systémov pre 21. storočie. Žilina: Žilinská univerzita, 2000. ISBN 80-7100-553-3.

JONES, Erick C. Quality management for organization using lean Six Sigma techniques. Boca Raton: CRC Press, c2014. ISBN 978-1-4398-9782-9.

MACINNES, Richard L. Štíhlý podnik Memory Jogger: vytvářejte hodnotu a eliminujte ztráty v celém vašem podniku. Praha: Česká společnost pro jakost, 2006. ISBN 80-02-01849-4.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19.

V Brně, dne 19. 10. 2018



prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

Diplomová práca sa zaoberá analyzovaním a optimalizáciou prestojov vo výrobe brzdnych diskov, nájdením príčin ich vzniku, vyčíslením nákladov na prestoje, a tiež vlastnými návrhmi riešenia. Práca sa delí na niekoľko častí. Prvou časťou sú teoretické východiská, ktoré sú podkladom pre nasledujúce dve časti práce, a to analýzu súčasného stavu i technicko-ekonomické zhodnotenie.

ABSTRACT

Diploma thesis is analyses and optimizes downtimes in production of brake discs, to find causes of downtimes, quantifying the cost of downtimes and also proposing solutions. The thesis is divided into several parts. The first is the theoretical basis, which is the basis for the following two parts of the thesis, namely the analysis of the current state and technical-economic evaluation

Kľúčové slová

Náklady, spotreba, optimalizácia, výmena nástroja, prestoj

Key words

Costs, consumption, optimization, tool exchange, downtime

Bibliografická citácia

KOŠŮTOVÁ, Katarína. *Řízení výměny nástrojů a optimalizace výrobního procesu za účelem snížení nákladů na prostoje* [online]. Brno, 2019 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/116623>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Ing. Jan Strejček, Ph.D., MBA.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předkládanou diplomovou práci *Řízení výměny nástrojů a optimalizace výrobního procesu za účelem snížení nákladů na prostoje* jsem vypracovala samostatně s využitím uvedené literatury a podkladů na základě konzultací a pod vedením Ing. Jana Strejčka, Ph.D., MBA.

V Brně dne

.....

Bc. Katarína Košútová

Pod'akovanie

Veľká vd'aka za pomoc, cenné rady a venovaný čas patrí vedúcemu práce pánovi Ing. Janovi Strejčkovi, Ph.D., MBA a celému ústavu Strojírnské technologie. Ďakujem tiež vedeniu a všetkým pracovníkom firmy, kde som prácu spracovávala, za ich pomoc, ochotu, pevné nervy a spoluprácu. Obrovské ďakujem patrí i mojej rodine, najbližším, priateľom i spolužiakom, ktorí mi pomáhali a podporovali ma pri štúdiu aj pri písaní práce.

OBSAH

ÚVOD.....	9
1 CIELE PRÁCE	10
2 TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ PRÁCE	11
2.1 Hospodárenie s náradím.....	11
2.2 Spotreba náradia.....	12
2.3 Riadenie výšky zásob	12
2.4 Výmena nástrojov	14
2.4.1 Rýchlo výmenné systémy	15
2.4.2 Automatická výmena nástrojov	15
2.4.3 Robotická výmena nástrojov RTC.....	15
2.5 Náklady	17
2.5.1 Prestoje.....	18
2.6 Technologická príprava výroby	19
2.7 Optimalizácia výrobného procesu.....	19
2.7.1 Štíhla výroba (Lean Manufacturing).....	20
2.7.2 Lean Six Sigma.....	21
2.7.3 Optimalizácia výrobných nákladov	22
2.7.4 Zjednodušovanie a zlepšovanie procesov.....	22
2.7.5 Riadenie zmien (Reengineering)	23
3 ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU.....	24
3.1 Charakteristika výrobkov	24
3.2 Priebeh výmeny nástoja – rezná doštička	27
3.3 Použité nástroje	29
3.4 Frekvencia výmeny	30
3.4.1 Trvanlivosť	30
3.4.2 Vyhodnotenie analýzy trvanlivosti	31

3.5	Čas výmeny nástrojov	32
3.5.1	Vyhodnotenie analýzy rýchlosti výmeny nástrojov.....	32
3.6	Zistené skutočnosti.....	33
4	TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOTENIE.....	35
4.1.1	Zoraďovacie plány	36
4.1.2	Zmena rezných doštičiek	37
4.1.3	Zmena obrábacieho stroja	39
4.1.4	Vymedzenie objednávkového množstva	42
4.1.5	Nový výdajný systém nástrojov.....	43
5	ZÁVER	49

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV

ZOZNAM PRÍLOH

ÚVOD

V dobe, kedy sa vo výrobných podnikoch prihliada na každú sekundu výroby, výrobné procesy sú optimalizované čo najviac a náklady na prestoje sú tlačené na najnižšiu možnú úroveň, sú podniky s vysokými prestojovými časmi v obrovskej nevýhode, čo sa týka konkurencieschopnosti. Je preto dôležité „nezaspať na vavrínoch,“ neustále vo firmách sledovať procesy a snažiť sa hľadať a eliminovať úzke miesta.

Technologický pokrok prináša stále nové a nové technológie, či aplikácie umožňujúce skracovanie neželaných prestojov i optimalizáciu procesu výroby.

Diplomová práca je zameraná na optimalizáciu prestojových časov pri výmene nástrojov vo firme BrzdnyDisk s. r. o. Firma sa zaoberá výrobou prípravkov, dielov na základe vlastnej výkresovej dokumentácie i kooperačnou výrobou komponentov, súčastí hlavne technológiami trieskového obrábania. Vyrába predovšetkým všeobecne sa vyskytujúce výrobky, ako sú čapy, prípravky či hriadele alebo príruby a i.

Hlavným cieľom diplomovej práce je analyzovať príčiny vzniku prestojov, nájsť možné riešenia na redukciu aktuálne výrazne vysokých prestojov, ktoré vo výrobe brzdnych diskov pri výmene nástrojov vznikajú. V niektorých prípadoch sa prestoje vyskytujú v takej miere, že presahujú i čas obrábania jedného kusa brzdneho disku.

Práca pozostáva z troch častí, a to z teoretických východísk práce, analýzy súčasného stavu a technicko-ekonomického zhodnotenia.

V prvej časti je uvedený teoretický podklad k analýze a riešeniu daného problému. Stručný popis hospodárenia s náradím, výmeny nástrojov, trendov vo výmene nástrojov. Ďalej sú popísané náklady, optimalizácia výrobného procesu i manažment výmeny a skladovania nástrojov a i.

Druhou časťou práce je analýza súčasného stavu, kde je stručná charakteristika brzdnych diskov, zozbierané dáta analýzy súčasného stavu, a to spotreba náradia pri obrábaní šiestich typov diskov na rôznych strojoch alebo čas výmeny nástrojov. Keďže je hlavným problémom vznikajúci čas prestojov pri výmene nástrojov, opotrebenie nástrojov nie je sledované, nakoľko nie je smerodajným ukazovateľom tejto problematiky. V závere druhej časti práce sú spísané zistené skutočnosti, teda výsledky analýz.

V časti technicko-ekonomické zhodnotenie sú zhrnuté jednotlivé vlastné návrhy riešenia, ktoré majú napomôcť eliminovať prestoje, optimalizovať proces výmeny nástrojov a tým samozrejme i znížiť náklady. Zakončenie práce a overenie návrhových riešení prebehne porovnaním súčasného stavu a stavu po implementácii návrhových riešení a finálne vyčíslenie úspory nákladov na prestoje.

1 CIELE PRÁCE

Primárnym cieľom diplomovej práce je nájsť a redukovať náklady na prestoje vznikajúce pri výmene nástrojov vo výrobe brzdých diskov.

Čiastkové ciele práce:

Analyzovať proces výmeny nástrojov:

- sledovať trvanlivosť nástrojov, teda ich spotrebu pri obrábaní,
- zistiť frekvenciu výmeny nástrojov vo výrobe jednotlivých diskov.

Nájsť úzke miesta:

- definovať všetky príčiny vzniku prestojov pri výmene nástrojov.

Navrhnúť opatrenia na zlepšenie a ich technicko-ekonomické zhodnotenie:

- priniesť vlastné návrhy riešenia vzniknutých problémov, na základe konzultácie s pracovníkmi podniku vybrať tie najvhodnejšie a začať riešenia implementovať,
- technicko-ekonomické zhodnotenie opatrení na zlepšenie a porovnanie stavu pred a po zmene.

2 TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ PRÁCE

V nasledujúcich kapitolách sú uvedené teoretické podklady k praktickej časti práce.

2.1 Hospodárenie s náradím

Náradie – pracovný predmet, ktorý je pri výrobe vkladáný medzi stroj a výrobok (materiálový prvok), poprípade medzi pracovníka a vyššie spomínaný materiálový prvok. Príslušenstvo strojov a výrobných zariadení sa ako náradie nedefinuje. Náradie je chápané ako: nástroj, upínač (prípravok), meradlo, lisovacie i pomocné náradie a delí sa podľa technologického hľadiska, hľadiska použiteľnosti a zúčtovania nákladov a podľa uplatnenia vo výrobe podľa poradia potreby. [1]

Technologické hľadisko

Základný triednik náradia zostavený podľa technologického hľadiska a špecifických podmienok obstarávania, výroby náradia a i. V strojárstve je triednik delený do ôsmich tried, triedy sa ďalej delia na skupiny, podskupiny.

Pre potreby práce je podstatná 4. trieda – rezné nástroje. [2]

Použiteľnosť a zúčtovanie nákladov

Nástroje sa tu delia na normálne a špeciálne. Normálne náradie má obecné použitie a náklady na jeho opotrebenie radíme do dielenskej rézie. Špeciálne náradie je konštruované pre danú technologickú operáciu, či operáciu montáže. Náklady na špeciálne náradie sú zahrnuté v kalkulačnom vzorci produktu, na ktorého výrobu bol nástroj použitý. [1]

Uplatnenie vo výrobe podľa poradia potreby

Členenie náradia je nasledovné [2]:

- výroba prototypu: zhotovenie, odskúšanie prototypu,
- opakovaná (zákazková) výroba: potreba náradia reaguje na marketingový životný cyklus výrobku a ďalej sa delí na:
 - o náradie prvého poradia: podmienene potrebné pre začatie výroby, musí dosahovať predpísanú akosť,
 - o druhého poradia: používa sa k dosiahnutiu požadovanej technológie a pri navýšení objemu výroby. Vďaka tomuto náradiu výroba vykazuje nižšie náklady,
 - o tretieho poradia: využívané na dosiahnutie predpísanej produktivity v sériovej až hromadnej výrobe.

V praxi je nutné sa správne rozhodnúť, ktoré druhy náradia sa v danej výrobe majú používať. Podmienkou je aby ich použitie bolo hospodárne a bol dosiahnutý cieľ vytvorenia technicky najdokonalejšieho technologického postupu. [1; 2]

2.2 Spotreba náradia

Spotreba náradia vyjadruje množstvo náradia všetkých druhov, poprípade určitého druhu, ktorých opotrebenie, poškodenie alebo zničenie vzniká pri výrobe. Spotreba náradia sa určuje podľa noriem zostavených prepočtom alebo štatisticky. Štatisticky sa určuje spotreba obecné používaného náradia a prepočtom je určovaná spotreba náradia, kde sú známe údaje o trvanlivosti náradia, životnosti náradia a plánovanom rozsahu výroby. [2]

Trvanlivosť

Trvanlivosť nástroja definuje jeho reálnu prácu medzi dvoma ostreniami, opravami a je limitovaná povolenou mierou opotrebenia. Miera opotrebenia je daná požiadavkami dodržania stanovenej presnosti výrobkov obrábaných daným náradím a požiadavkami na hospodárnosť využitia materiálu. Ukazovateľmi trvanlivosti sú hodiny, poprípade počet vykonaných úkonov. [1]

Životnosť

Životnosť definuje skutočnú prácu náradia, práca sa vykonáva pri normálnych podmienkach až do kompletného opotrebenia. Meria sa výpočtom pracovných úkonov alebo v hodinách. [2]

2.3 Riadenie výšky zásob

Zmysel zásob je veľmi jednoduchý: zaistiť plynulý a bezporuchový výdaj položiek zo skladu do spotreby, výrobného procesu. Vydávané množstvo je ovplyvnené aj poruchami, ktoré môžu ovplyvniť množstvá v skladoch. Spomínané poruchy sú napr. neplnenie dodávok alebo výkyvy dodávkového cyklu od dodávateľov, čiže objemový a časový faktor tvorby zásob. [3]

Zásobu rozlišujeme [4]:

- obratová: kryje potreby medzi dvoma dodávkami,
- poisťná: tlmí dopady náhodných výkyvov,
- na predzásobenie: vyrovnáva predpokladané väčšie výkyvy vo výrobe, u dodávateľa, atď.,
- strategická: krytie potrieb podniku pri konfliktoch, kalamiťách zásobovania a i.
- špekulatívna: tvorená za účelom dosiahnutia mimoriadneho zisku výhodným nákupom, zľavy, zníženie cien, pred zvýšením cien a i.

Pojem veľkosť dodávky vyjadruje výšku dodaného objemu, množstva materiálovej položky vyjadrená v hmotných merných jednotkách. S veľkosťou dodávky súvisí i pojem frekvencia dodávky udávajúca počty dodávok za určité obdobie, buď uskutočnených alebo plánovaných dodávok. [3]

Optimálna veľkosť dodávky – cieľom je určiť množstvo odpovedajúce minimu celkových nákladov, ktoré sú spojené s objednaním i skladovaním. Malé objednané množstvo rovná sa vyšší počet objednávok a vyššie náklady na objednanie, veľké objednané množstvo zasa navyšuje skladovacie náklady. [3; 4]

Vzorec optimálnej veľkosti dodávky je teda (1):

$$D_o = \sqrt{\frac{2 \times N_d \times S}{N_s \times T}}, \quad (1)$$

Kde: T – dĺžka plánovacieho obdobia [dni]

N_d – náklady na zaistenie jednej dodávky v danom období v naturálnych jednotkách

S – spotreba v naturálnych jednotkách,

N_s – náklady na skladovanie a udržiavanie zásob. [4]

Riadenie výšky zásob každého druhu náradia je potrebné, ba priam nutné pre zaistenie plynulého výrobného procesu. [1]

Rozdelenie zásob je uvedené na Obr. 1.



Obr. 1 Rozdelenie zásob, podľa [2].

Zásoby náradia je potrebné normovať, nakoľko nie je žiadané aby sa v týchto zásobách viazalo viac obežného majetku ako je nutné. Norma spotreby náradia je ovplyvnená typom a charakterom výroby, počtu potrebných druhov náradia, spôsobe zásobovania, opakovateľnosti výroby a i. Druhy zásob sa v praxi rozlišujú ako norma zásob náradia, celková, na sklade, v používaní. [1]

Výdajné systémy

Logistika nástrojov je prostriedkom k zabráneniu vzniku prestojov, ktoré vznikajú z dôvodu chýbajúcich či nesprávne dodaných nástrojov. Je tiež prostriedkom šetrenia zbytočných nákladov vynaložených na vybavovanie objednávok, dodávok či skladovania nástrojov. Úlohy, ktoré sú teraz firmami na trhu ponúkané sú napr. systémy výdaja nástrojov, zaistenie potreby nástrojov, správa skladu, kontrola nástrojov pri prijíme a mnohé iné. Systémy sa dodávajú v rôznych veľkostných radách. Každý tento systém, vid' Obr. 2, má svoju riadiacu jednotku skladajúcu sa z ovládacej súčasti s PC, dotykovou obrazovkou, a tiež čítačkou čiarových kódov. [5]



Obr. 2 Výdajné systémy, prevzaté z [5].

Náklady súvisiace v nástrojmi je možné minimalizovať aj vďaka Tool Managementu, vid' Obr. 3, čiže managementu nástrojov. Niektorí dodávatelia nástrojov ponúkajú mnoho modulov so širokou ponukou služieb pre zákazníka. Ten si môže stavebné bloky (výdajné systémy) pre svoju výrobu individuálne zostaviť a kombinovať presne podľa potreby. Typické modely projektov sú logistický a technologický management nástrojov. Výdajné systémy je možné rozširovať, voliť veľkosti zásuviek i vnútorné usporiadanie. [6]



Obr. 3 Tool Management, prevzaté z [6].

2.4 Výmena nástrojov

Výmena nástrojov je potrebná z dvoch dôvodov, a to buď výmena opotrebeného nástroja za nový, ale sa nástroj vymieňa pri zmene typu výrobku, či technológie. Postup výmeny je nasledovný: výber nástroja z vretena, odloženie, výber nového nástroja, uloženie späť do vretena.

Výmena nástrojov môže prebiehať ručne, ale i automaticky na stroji

2.4.1 Rýchlo výmenné systémy

Rýchlo výmenné systémy, vid' Obr. 4, sa líšia typ od typu, niektoré ponúkajú pri obrábaní univerzálnosť využitia pri nízkych prevádzkových nákladoch iné zas vynikajú v presnosti a jednoduchosti obsluhy. Všetky tieto systémy sú flexibilné a spoľahlivé. Náklady na výmenu bývajú často finančne náročné, no použitím i takýchto systémov je možné ich výrazne eliminovať. [7]



Obr. 4 Kompletný náhľad na zostavu rýchlo výmenného systému, prevzaté z [7].

2.4.2 Automatická výmena nástrojov

Na systémy automatickej výmeny nástrojov AVN sú kladené rôzne významné požiadavky, ktorými sú napríklad čas výmeny, ktorý musí byť čo najkratší, postačujúca kapacita zásobníkov, čo najdlhšia životnosť a mnohé iné. Automatické riadenie komplexného obrábania celého výrobku na určitom stroji je hlavným prínosom systémov AVN. Vďaka týmto systémom je možná viacstrojová obsluha. [8]

Rozdelenie AVN systémov [8]:

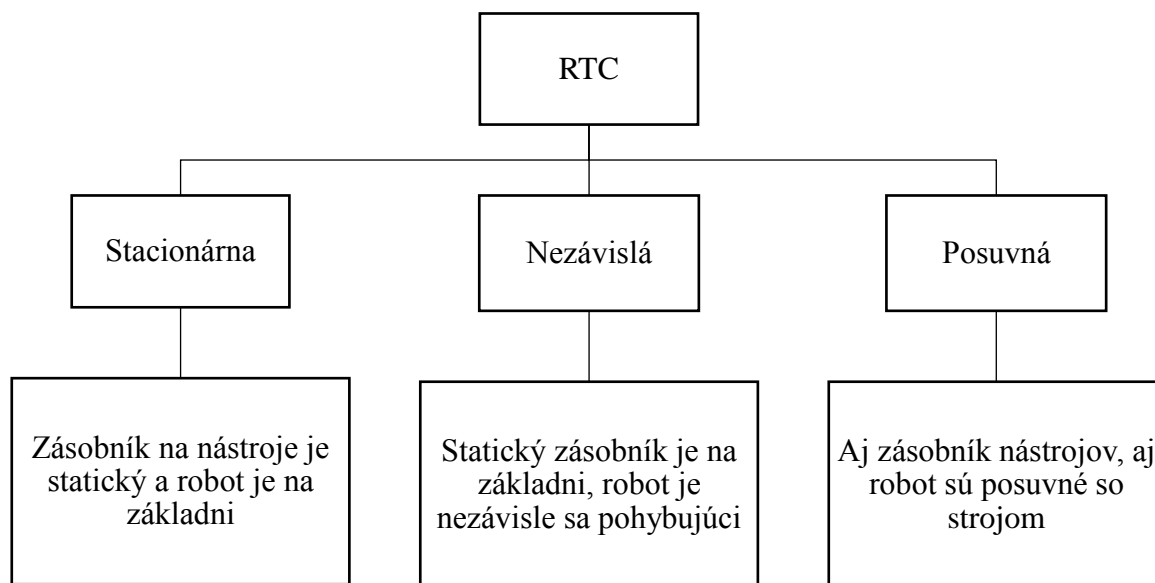
- a) s nosníkovými zásobníkmi - prenášajú rezné sily, vysoká polohová presnosť, umiestnenie na stroji, delia sa: s výmenou jednotlivých nástrojov, vretien, viacerých vretenových hláv,
na AVN systémy s nosníkovými zásobníkmi sú kladené konštrukčné požiadavky ako napr. vysoká tuhosť a presnosť ustavenia, minimálny čas výmeny nástroja.
- b) so skladovacími zásobníkmi – používajú sa pri obrábacích centrách a delia sa na malo objemové a veľkoobjemové systémy automatickej výmeny nástrojov.

2.4.3 Robotická výmena nástrojov

Robotická výmena nástrojov priniesla možnosť výmeny nástrojov do vretena stroja alebo do vretena frézovacích hláv, a to pod akýmkoľvek uhlom. Vďaka tomuto sa šetrí čas potrebný k prejazdu a polohovaniu hlavy do polohy naloženia nástroja. Je tu možnosť

okamžitej detekcie porušeného nástroja. Za použitia zásobníka pre stovky rôznych nástrojov je pri RTC reálne možné získať prakticky neobmedzený zásobník nástrojov. [9]

Rozdelenie robotickéj výmeny nástrojov vid' Obr. 5.



Obr. 5 Rozdelenie robotickéj výmeny nástrojov, podľa [9].

2.5 Náklady

Jednou z definícií nákladov je, že sú meradlom spotrebovaného zdroja spotrebovaného na poskytnutie produktu alebo služby. Náklady sú klasifikované podľa funkčnej oblasti, v ktorej vznikli. Napr. administratívne náklady potrebné na prevádzku organizácie, ktoré zahŕňajú ľudské zdroje informačný systém, účtovníctvo a i. Ďalej sú to náklady na marketing a predaj, služby, tovar, výskum a vývoj a výrobné náklady. [10]

Ostatné priame náklady

OPN sú súčasťou typového kalkulačného vzorca vid'. Obr. 6, pomocou ktorého sa určujú náklady na jednotlivé produkty, kalkulačnú jednotku. [1]

1.	Priamy materiál
2.	Priame mzdy
3.	Ostatné priame náklady
4.	Výrobná réžia
	Vlastné náklady výroby
5.	Správna réžia
	Vlastné náklady výkonov
6.	Odbytová réžia
	Úplné vlastné náklady výkonov
7.	Zisk
	Nákladová cena
8.	Obchodné a odbytové prirážky a zrážky
	Predajná cena

Obr. 6 Typový kalkulačný vzorec, upravené podľa [11].

Predovšetkým pri výrobku či komponente ostatné priame náklady zahŕňajú náklady na použité náradie, ktoré je zadané v technologickom postupe. Taktiež zahŕňajú i technologické energie pre daný výkon opäť na kalkulačnú jednotku. [1]

Výrobné náklady

Výrobné náklady zahŕňajú všetky náklady vynaložené na dokončenie produktu do „predajného“ stavu. Priame mzdové náklady a priame náklady na materiál tvoria jednotkové výrobné náklady. Výrobné náklady sa skladajú z troch hlavných elementov, a to [10]:

- priame mzdy,
- priamy materiál,
- režijné náklady.

Úspora nákladov vyžaduje riadenie v niekoľkých smeroch, toto riadenie musí byť dokonalé. Riadené smery sú napr.: plánovanie spotreby vstupov, aby bol zaistený ich tok, riadenie výroby, ktoré má za cieľ výrobu racionalizovať (nutnosť zdefinovať postupnosť operácií a podrobne analyzovať náklady), a posledným smerom je podpora IS, ktoré optimalizujú dobu spracovania. Redukcia nákladov produktu či služby vedie k zvyšovaniu zisku firmy alebo k znižovaniu ceny produktu, služby a tým k nárastu objemov predaja. Náklady nedostatku – tieto náklady vznikajú chybným určením výšky a času spotreby, dôsledkom ich vzniku je ušlý zisk, prestoje a i. [12; 13]

Náklady súvisiace s nástrojmi

V tomto prípade sú známe priame a nepriame náklady. Zatiaľ, čo sú priame náklady často cieľom optimalizácie, v procese správy týchto nákladov sú často skryté i náklady nepriame. Ťažko sa kvantifikujú a sú tiež menej viditeľné. Sú to náklady vznikajúce v procese nákupu, skladovania i náklady, ktorých príčinou vzniku je chýbajúci proces správy a logistiky. Patria tu tiež nasledujúce náklady: prerušenie výrobných zákaziek kvôli chýbajúcim nástrojom, dlhé hľadanie daných nástrojov, zníženie využitia stroja kvôli nedostatku nástrojov, prílišné/nedostatočné zásoby nástrojov a i. [6]

2.5.1 Prestoje

Prestoje, alebo inak povedané časové straty, vznikajú napr. z dôvodu mechanických porúch a vyskytujú sa takmer v každej činnosti, nakoľko je veľmi náročné, či takmer nemožné, aby daná činnosť bez prestoja prebiehala. Vyjadrujú sa percentom z celkového času činnosti zariadenia a ich vznik spôsobuje navýšenie výrobných nákladov. Je kladený veľký dôraz na to, aby sa tieto neefektívne časy čo možno najviac redukovali. V závislosti od typu činnosti sa prestoje definujú rôzne. Prestoj je jedna zo zložiek celkového času, ktorý je nutný na uskutočnenie výroby. Ak rastie čas straty, rastie i celkový výrobný čas. [2; 14]

Rozdelenie [14]:

- **Plánované prestoje:** nevýrobný čas – voľné dni, opravy a i., sú uvedené dopredu vo výrobnom pláne. Plánované prestoje sa delia na prestoje na opravy a technologické prestoje. Plánovanými prestojmi sú napr. vykonanie opravy, modernizácie, renovácie položiek. Technologické prestoje: napr. realizácia plánovanej výmeny, nastavenia, zoradenie, nábeh po vykonaní opravy i príprava na opravu
- **Neplánované prestoje:** vzniká nepredvídateľnou udalosťou, nie sú dopredu plánované, no ich dĺžka je časovo ohraničená. Tieto limity sú upravované na štatistiky pozorovania dĺžky trvania vzniknutých prestojov v minulosti. Technologické: neplánované časové straty vyvolané vzniknutým problémom, napr. výmena nástrojov, zariadení atď. Tieto prestoje odstraňuje technologická obsluha.

2.6 Technologická príprava výroby

Technologická príprava výroby je významnou zložkou podieľajúcou sa na správnom fungovaní procesu, ako náhle je príprava výroby spracovaná dôsledne i samotný proces výroby má predpoklad správneho fungovania.

Od výroby sa začali oddeľovať odborne náročnejšie činnosti a začal sa tvoriť systém technických činností. Toto bolo spôsobené rozvojom výrobných síl a postupujúcou deľbou práce. Postupne vznikali technické činnosti ako je projektovanie, vývoj, technická príprava výroby i zlepšovateľská činnosť a i. Všetky technické činnosti tvoria na seba nadväzujúci reťazec. [15]

Technická príprava výroby, ďalej len TPV, je súhrn pracovných metód, technickoekonomických činností a špeciálnych techník výroby vytvárajúci najlepšie a efektívne riešenie výrobku, spôsobu výroby, vybavenia, ďalej vytvárajúci postupy a metodické riadenie výroby. Musí byť zabezpečená vysoká akosť výrobkov a rýchle zavedenie do výroby. [1]

Iná definícia: Pod pojmom TPV je možné si predstaviť i ako technicko-organizačné aktivity a opatrenia na spracovanie konštrukčnej, technologickej, projektovej dokumentácie a tiež materiálne technického vybavenia výroby. Konštrukčné, technologicke a projektové riešenia majú byť také, aby zabezpečili maximálne dosiahnuteľnú efektívnosť výroby, produktivitu. Spomínané riešenia by mali vo výrobnom systéme prihliadať na úspory materiálu, energií a pracovných síl. [16]

Výhodami práce vykonávanou prostredníctvom vhodnej metodiky sú [17]:

- umožnenie cieleného objavovania nových technických riešení,
- vytváranie podmienok, ktoré sú považované za vhodné riešenia na implementáciu určitých funkcií.
- racionalizovanie celého procesu riešenia problému na základe zavedeného postupu, čím sa šetrí čas.
- uľahčenie výberu optimálnych riešení.

Úroveň nového výrobku či navrhovanej výroby je nutné priebežne kontrolovať napr. skúškami modelov, prototypov a i. [1]

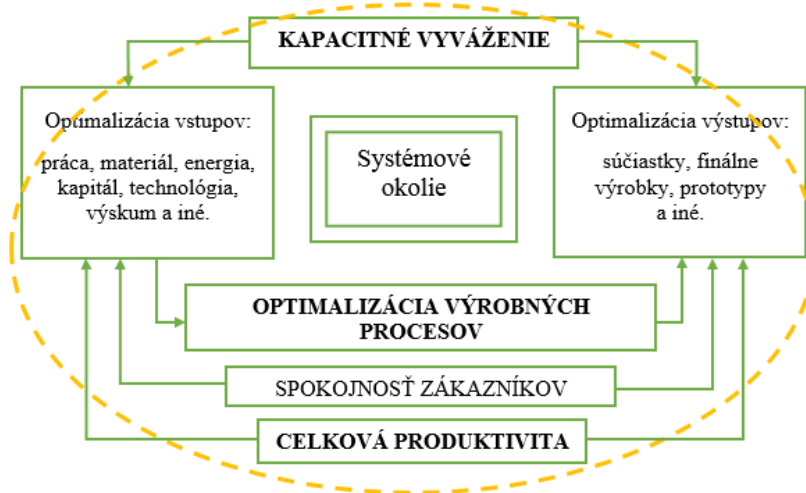
2.7 Optimalizácia výrobného procesu

„Cieľom optimalizácie výrobného procesu je znížiť výrobné náklady a zvýšiť produktivitu práce.“ [5]

Výraz optimalizácia znamená hľadanie buď maxima alebo minima hodnoty danej funkcie. Ohraničenie funkcie môže mať formu rovnosti (=) alebo nerovnosti (\leq alebo \geq). [18]

Výrobný proces je zložitý mechanizmus, ktorý sa skladá podsystemov, prvkov, faktorov a väzieb, vid' Obr. 7. Tento mechanizmus nutné neustále sledovať a podrobovať analýze. Výstupom analýz je poznanie určitých závislostí a možných dôsledkov zmien výrobného procesu. Optimalizáciu procesov je nutné prispôbiť typu a charakteru výroby v podniku. Odborníci sa nezameriavajú len na nástroj, ale tiež podrobne analyzujú všetky zložky výrobného procesu. Pre optimalizáciu procesu sa v súčasnej dobe používajú rôznorodé moderné prostriedky, prístupy a metódy. Ich využívaním sa získavajú informácie potrebné k následnému návrhu spôsobov optimalizácie. Transformácia vstupov na výstupy v podniku by mala

prebiehať optimálne. Kládne sa dôraz na optimálnu spotrebu výrobných vstupov, voľbu výrobných postupov, prostriedkov a optimálne využitie výrobných kapacít. V neposlednom rade je pre podniky nutné udržiavať ekonomické ciele, konkurencieschopnosť a tiež zvyšovanie efektivity výroby. [19]



Obr. 7 Vzájomné prepojenie vstupov a výstupov vo výrobnom procese vzhľadom na optimalizáciu, podľa [19].

2.7.1 Štíhla výroba (Lean Manufacturing)

Lean znamená súbor metód riadenia, primárne tu ide o snahu spoločnosti sa trvalo zdokonaľovať, zvyšovať efektívnosť v rôznych oblastiach a tieto zlepšenia udržiavať, zamedziť plytvaniu. Ide o elimináciu činností, ktoré neprinášajú žiadnu pridanú hodnotu. Je založený na pár základných princípoch. Pri štíhlej výrobe ide vlastne o zvýšenie výkonnosti firmy, teda dosiahnutie čo najvyššieho zisku za použitia čo najmenšieho množstva ľudských a materiálových zdrojov. Zvýšenie výkonnosti prebieha pomocou zlepšenia, optimalizácie pracovných podmienok, a to tak, že sa prispôbi pracovisko tým spôsobom, aby zamestnanci mali všetko „po ruke“, aby nemuseli nič dlho hľadať, či prílišne premýšľať nad postupom. Všetky tieto aspekty zvyšujú nároky na pracovníka a tým aj náklady na výrobu, čiže náklady firmy. [20; 21]

Spolu s Lean úzko súvisí aj Lean management. Lean management je spôsob myslenia, filozofia, koncept pomoci organizácii dosiahnuť „štíhly tvar“. Koncept pomoci znamená redukciu odpadu a zdrojov použitých pri výrobe a služieb, rieši environment. Takže v tomto zmysle nie je organizácia zbytočne zaťažovaná a jej výroba, celkovo i organizácia sú viac pružné a účinné. Bol vyvinutý v Japonsku, v závodoch Toyoty, a potom ďalej kopírovaný organizáciami z celého sveta. Napriek pôvodu LM, ktoré sú založené na japonskom kultúrnom kruhu, boli mnohé prvky prevzaté z iných systémov riadenia výroby, napríklad z koncepcie TQM (Total quality management) alebo z organizácie výroby v továrňach H. Forda. [22; 23]

2.7.2 Lean Six Sigma

Používaným nástrojom metodiky Lean Six Sigma je DMAIC. Tento nástroj sa používa na riešenie problémov s rozsiahlym uplatnením v podnikaní a napomáha nájsť trvalé zlepšenia dlhotrvajúcich alebo zložitých problémov. Skratka predstavuje päť fáz metodiky Six Sigma, vid' Tab. 1, a to: Definovať, Merat', Analyzovať, Zlepšovať, Riadiť. [24]

Tab. 1 Fázy metodiky Six Sigma, podľa [24].

Fáza	Popis metodiky
Definovať	Identifikácia vážneho problému a vytvorenie sa projektového tímu, ktorý má zodpovednosť za riešenie vzniknutého problému.
Merat'	Získavanie údajov, ktoré presne popisujú, ako proces v súčasnosti funguje. Prebieha tu zber dát. Zhromažďované a analyzované dáta sú potrebné k predbežným vyhodnoteniam príčin spôsobujúcich problémy.
Analyzovať	Podrobná analýza nameraných dát z predbežných vyhodnutí. Generovanie teórií o tom, čo je príčinou problému. Testovaním týchto teórií sa identifikujú príčiny vzniku problémov.
Zlepšovať	Odstraňovanie koreňových príčin pomocou návrhu a implementácie zmeny.
Riadiť	Dizajn a implementácia nových riadiacich prvkov, ktoré slúžia k tomu, aby zabránili opätovnému vzniku odstránených príčin vzniku problémov a k udržaniu dosiahnutých zlepšení.

Six Sigma obsahuje tri základné prvky [24; 25]:

- zlepšenie procesu;
- návrh/redesign procesu;
- riadenie procesov.

V každom stupni sa použije päťstupňový prístup, ako je uvedené v tabuľke Tab. 7.

Porovnanie Lean a Six Sigma

Primárnym prínosom týchto dvoch zlúčených metodológií je súčinnosť, ktorá vznikla zo súčasného smerovania na výkonnosť procesov, sprevádzaných stabilnou kvalitou výstupov. Využívajú sa tu štandardné postupy spolu s analytickými nástrojmi. [21]

2.7.3 Optimalizácia výrobných nákladov

Optimalizácia výrobných nákladov sa v užšom pohľade vykonáva s ohľadom na výpočty optimálnej reznej rýchlosti alebo optimálnej trvanlivosti nástroja. Vyjadrenie celkových operačných nákladov výroby na kus N_c je súčtom čiastkových nákladov ako náklady na strojnú prácu (N_s), na nástroj a jeho výmenu (N_N) stiahnuté na jeden obrábaný kus a náklady na vedľajšiu prácu (N_v). Nakoľko sa v práci riešia hlavne náklady na prestoje, ktoré vznikajú výmenou nástroja, ďalej budú rozpísané už len tieto náklady a to len do úrovne štatistického zisťovania životnosti nástroje, pretože čas výroby nebol sledovaným problémom. [26]

Náklady na výmenu nástroje (N_N) a náklady na nástroj (N_T) je teda možné vypočítať vzorcami (2) a (3) [26]:

$$N_N = \frac{N_T}{Q_T} \quad (2)$$

$$N_T = \frac{N_1}{n_B} + \frac{N_2}{z} + N_s \quad (3)$$

Q_T – počet kusov obrobenej jednou reznou hranou,

N_1 – cena reznej doštičky,

N_2 – cena držiaka,

n_B – počet rezných hrán reznej doštičky,

z – životnosť v ks.

2.7.4 Zjednodušovanie a zlepšovanie procesov

Zjednodušovanie je podstata efektívneho fungovania podniku. Je potrebné zjednodušovať organizačnú štruktúru takým spôsobom, aby ľudia mohli lepšie komunikovať a aby im dala možnosť aj lepšie spolupracovať. Taktiež je možné simplifikovať aj komplikované systémy riadenia v podniku, pracovné a výrobné postupy, pracovné metódy, štandardizácia sortimentu materiálov, finančný systém a i. Kombinácia dvoch prístupov pri zdokonaľovaní procesov [21; 27]:

- Skvalitňovanie výrobného, logistického systému (napr. redukovanie zásob, zmena materiálových tokov a i.) – realizované poväčšine špeciálne zostaveným tímom.
- Skvalitňovanie procesov na pracovisku (napr. uľahčovanie práce, vyhľadávanie lepších pracovných postupov a pod.) – zapojenie všetkých dielenských pracovníkov.

Vykonávané činnosti v podniku, ktoré k danému výrobku, či službe nepridávajú žiadnu pridanú hodnotu sú označované ako plytvanie. Tieto činnosti nie sú pre podnik ziskotvorné. V každom podniku sa vyššie spomenuté nachádzajú. Toto plytvanie je nutné vyhľadávať a odstraňovať, no je nutné si uvedomiť, že je chybou hľadať vinníka. Dôležité je nájsť problém a jeho príčinu.

Príklad hlavných príčin plytvania [27]:

- chybné rozložená výrobná dispozícia a zle navrhnuté materiálové toky,
- zle navrhnuté výrobné procesy,
- nesprávna organizácia, plánovanie alebo riadenie výroby, výrobné postupy,

- nefunkčnosť obslužných činností ako sú zásobovanie materiálom, náradím a i.

2.7.5 Riadenie zmien (Reengineering)

Reengineering je pre vykonávanie väčších či veľkých zmien k lepšiemu veľmi účinnou metódou. Ak je zrealizovaný dôsledne s odbornou príniesie úspech každému podniku i organizácii. Reengineering je tvorba úplne nových návrhov a viac efektívnych procesov v podniku, pre reengineering je dôležitá budúcnosť, to čo bude a nie to, čo bolo. [28]

Typ zmeny sa odvíja od sledovaného cieľa. V prípade, že sa firma dostane do konfrontácie so zmenou je nutné na ňu reagovať alebo počítať so stratou výkonnosti. Všetky podniky môžu profitovať z konštantného zlepšovania i analýzy oblastí, ktoré treba zlepšovať. Zefektívňovanie podnikových procesov je zásadným prehodnotením a radikálnym prepracovaním procesov na dosiahnutie výrazných zlepšení v kritických, súčasných výsledkoch výkonnosti, ako napr. náklady, kvalita, servis či rýchlosť výroby. [29; 30]

Ako výroba, tak aj služby môžu zo zefektívňovania procesov získať. Zmeny, inovácie sa stávajú základom pre udržanie si konkurenčnej pozície firmy na trhu, nejedná sa tu len o inovácie výrobkov či služieb, ale aj procesov (hlavne technologických), riadiaceho systému, kvalifikácie a zvyšovania profesijného profilu zamestnancov. Oblasti, ktoré treba zväziť pre analýzu a zmenu zahŕňajú prevádzkové a riadiace systémy v organizácii. [28]

Zefektívňovanie procesu začína starostlivosťou o činnosť a víziu, ďalším krokom je porozumenie súčasného procesu, návrh nového procesu a posledným krokom je implementácia zefektívneného procesu. Integrácia reengineeringu a zlepšovania procesov zahŕňa iniciatívu na zmenu riadenia postupností, vytvorenie portfólia procesov, ktoré sú pod kontrolou, reengineeringu je v podstate o radikálnej diskontinuálnej zmene v procese inovácie. [28; 29; 30]

Reengineeringové zásady a charakteristiky

Zaujímavými a dôležitými zásadami a charakteristikami reengineeringu sú napr. [31]:

- zlúčenie viacerých prác do jednej – spojenie samostatných i odlišných prác,
- rozhodovanie je na kompetentných pracovníkoch – náhrada majstrov,
- čiastkové kroky sú vykonávané v prirodzenom slede,
- variantné prevedenie procesov – neprebíha všetko jednotným spôsobom,
- redukcia kontrolných a neproduktívnych nástrojov a procesov
- zmena kritérií pracovných postupov – od výkonnosti k postupom,
- zmena protektívnej (ochranárskej) firemnej kultúry k produktívnej a i.

Vďaka dôkladnému dodržiavaniu kritérií počas realizácie zmenových projektov je možné dosiahnuť výrazné úspory času a peňazí.

3 ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU

V tejto kapitole je predstavená analýza súčasného stavu výmeny a spotreby nástrojov pri výrobe brzdnych diskov v strojárskom podniku.

K analýze je možné pristúpiť po uskutočnení predchádzajúcich etáp ako diagnostika, kde ide o zoznámenie sa s objektom riešenia, zisťovanie nedostatkov a rezerv subsystému, a zber informácií. Zber informácií je neoddeliteľnou súčasťou nakoľko bez tejto etapy nie je možné vykonať analýzu. Zo samotnej analýzy a jej dobrého prevedenia sú výstupmi možné riešenia danej problematiky. [32]

V analýze je uvedená charakteristika výrobkov, použité nástroje, ale aj frekvencia a čas výmeny.

V závere tejto kapitoly sú uvedené zistené nedostatky, teda príčinu vzniku prestojov.

3.1 Charakteristika výrobkov

V nasledujúcej podkapitole je v skratke uvedená charakteristika sledovaných výrobkov, teda brzdnych diskov.

Menný zoznam diskov:

- DISK 11,
- DISK 22,
- DISK 33,
- DISK 44,
- DISK 55,
- DISK 66.

V tabuľkách Tab. 2 až Tab. 5 sú uvedené základné informácie ohľadne označenia, hmotnosti a rozmerov brzdnych diskov. Zloženie materiálu nie je možné bližšie špecifikovať, nakoľko má zákazník na brzdne disky vyvinutý špeciálny materiál, zloženie materiálu je teda duševným vlastníctvom zákazníka.

Tab. 2 popisuje výrobky s najnižšou tvrdosťou.

Tab. 2 Popis diskov: DISK 11, DISK 55.

Názov:	DISK 11	DISK 55
Interné označenie:	11A11X	55E55X
Hmotnosť [kg]:	61	57,6
Rozmery [mm]:	D750 x 55,5 (d450)	D710 x 51,5 (d410)

Tab. 3 zobrazuje informácie ohľadne výrobku DISK 22.

Tab. 3 Popis disku: DISK 22.

Názov:	DISK 22
Interné označenie:	22B22X
Hmotnosť [kg]:	52,2
Rozmery [mm]:	D610 x 52,5 (d322)

Informácie o výrobku s označením DISK 33 sú uvedené v Tab. 4.

Tab. 4 Popis disku: DISK 33.

Názov:	DISK 33
Interné označenie:	33C33X
Hmotnosť [kg]:	60,5
Rozmery [mm]:	D760 x 46,5 (d460)

Výrobky s najvyššou hmotnosťou a označením DISK 44 a DISK 66 sú popísané v Tab. 5.

Tab. 5 Popis diskov: DISK 44, DISK 66.

Názov:	DISK 44	DISK 66
Interné označenie:	44D44X	66E66X
Hmotnosť [kg]:	62	57,5
Rozmery [mm]:	D680 x 48,3 (d380)	D680 x 50,5 (d380)

Polotovary

Charakteristickým rozdielovým znakom polotovaru je taktiež jeho vizuálna stránka vid' Obr. 8 a Obr. 9, rozdiely sa nachádzajú na jeho vrchnej strane.

Polotovary je podľa vzhľadu možné rozdeliť na dva typy. Ďalej sa polotovary líšia typom materiálu, rozmermi i hmotnosťou.



Obr. 8 Polotovary, 1. typ.



Obr. 9 Polotovary, 2. typ.

Hotový výrobok

Na fotografiách Obr. 10. a Obr. 11 je vidieť príklady hotových výrobkov, 1. aj 2. typ



Obr. 10 Hotový výrobok, 1. typ.



Obr. 11 Hotový výrobok, 2. typ.

Na nasledujúcom obrázku, vid' Obr. 12 je zobrazený pohľad na hotový brzdny disk zo zadnej strany. Každý typ disku má na spodnej strane vyfrézovaných a vyvrtaných osem dier.



Obr. 12 Hotový výrobok, pohľad zo zadnej strany.

Strojny park pouzity na obrabanie brzdnych diskov vid'. Priloha 1.

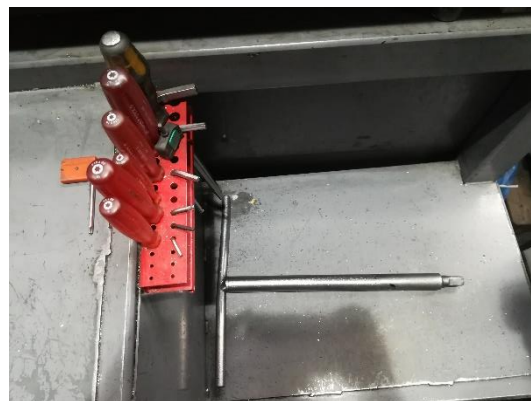
3.2 Priebeh výmeny nástoja – rezná doštička

V nasledujúcej podkapitole sú v krátkosti predstavené: výmena nástoja, konkrétne vymeniteľnej reznej doštičky, i vzhľad a vybavenie pracoviska, stroje: karusel LV1100RM, karusel SKT V80R.

Vzhľad pracoviska, vybavenie náradím a iné vid' Obr. 13 až Obr. 15.



Obr. 13 Vzhľad pracoviska.



Obr. 14 Náradie používané pri výmene nástrojov.



Obr. 15 Pohľad na celé pracovisko i so strojom.

Výmena reznej doštičky momentálne prebieha ručne, nakoľko stroje nemajú takú kapacitu výmenných systémov, ktorá by zabezpečila automatickú výmenu.

Očistenie reznej doštičky (stlačeným vzduchom) a jej odskrutkovanie:



Obr. 16 Očistený držiak s reznou hranou.



Obr. 17 Odskrutkovanie.

Výber opotrebovanej reznej doštičky, jej odloženie a výber novej reznej doštičky z krabičky:



Obr. 18 Výber opotrebovanej doštičky.



Obr. 19 Výmena starej doštičky za novú.

Vloženie novej reznej doštičky a jej upnutie (šraubovákom TX) do držiaka, vid' Obr. 20 a Obr. 21:



Obr. 20 Vloženie novej reznej doštičky.



Obr. 21 Upnutie novej reznej doštičky.

3.3 Použité nástroje

Pri obrábaní boli na jednotlivé typy brzdnych diskov použité rezné doštičky, ale aj monolitné nástroje od rôznych dodávateľov a v rôznych cenách. Je nutné podotknúť, že typy nástrojov sa takmer pri všetkých typoch diskov opakujú, väčšie rozdiely je vidno skôr v kapitole 3.4 Frekvencia výmeny.

Tab. 6 predstavuje nástroje použité pri obrábaní na karuseli LV1100 RM a na karuseli SKT V80R. Ostatné tabuľky sú uvedené v prílohe 4.

Tab. 6 Nástroje použité pri obrábaní na karuseloch LV1100RM a SKT V80R.

karusel LV1100RM, karusel SKT V80R	Typ nástroja:
CNMG 160612 KR; T3205	Rezná doštička
CNMG 160612 RH; WK20CT	Rezná doštička
CNMG 160616 RH; WP15CT	Rezná doštička
CNMG 190612E-RM; T9325	Rezná doštička
CNMG 190612E-RM; T9335	Rezná doštička
CNMG 190612E-RM; T9310	Rezná doštička
CNMG 190612 RM; T9315	Rezná doštička
DNMG 150604E-M; T9325	Rezná doštička
DNMG 150404 ML; WK20CT	Rezná doštička
DNMG 150604E-M; T9310	Rezná doštička
DNMG 150608E-M; T9325	Rezná doštička
SNMG 190612-KM; T 3225	Rezná doštička
HNMG 050408 GU; TT 7015	Rezná doštička
HNMG 432 GU; TT7015	Rezná doštička
N123J2-0600-RM 3115	Rezná doštička
N123J2-0600-RM 4325	Rezná doštička

3.4 Frekvencia výmeny

V nasledujúcej kapitole je predstavená prvá časť analýzy súčasného stavu, a to frekvencia výmeny nástrojov v procese obrábania brzdnych diskov.

Frekvencia nám hovorí, ako často, teda po koľkých obrobených kusoch, je nutné nástroj vymeniť. K zisteniu frekvencie je použitá analýza trvanlivosti nástroja.

Vykonaná bola na 6-tich typoch diskov obrábaných na daných strojoch.

3.4.1 Trvanlivosť

V tejto podkapitole je predstavenie spotreby trvanlivosti nástrojov. Bolo analyzované, koľko kusov brzdnych diskov sa obrobí jedným nástrojom, či už reznou doštičkou (PLAT) alebo monolitným nástrojom (MONO).

Pre každú operáciu bola vytvorená tabuľka, vid' Príloha 2, kde sa do hlavičky zapísali všetky potrebné informácie. Zvyšnú časť tabuľky tvorí miesto, kde sa zapisovali namerané hodnoty, čiže po koľkých obrobených kusoch sa otáčala rezná hrana reznej doštičky, z toho bolo vypočítané, kedy sa vymieňala celá, alebo po koľkých kusoch bol menený monolitný nástroj. Trvanlivosť je zaznamenávaná do stĺpca: Počet kusov na reznú hranu alebo Počet obrobených kusov.

Z dôvodu, že je analýza obsiahla, sú na základe dohody s vedením výroby v práci uvedené priemerné hodnoty trvanlivosti a finálne výsledky analýzy. Pre bližšie informácie sa analýza nachádza v prílohe 7, CD, (Analýzy súčasného stavu). Trvanlivosť nástroja pri výrobe brzdneho disku, DISK 11, je uvedená v Tab. 7, trvanlivosť pre ostatné typy diskov vid' v prílohe 5.

Tab. 7 Trvanlivosť nástrojov pri výrobe disku: DISK 11.

Stroj	PLAT/ MONO	Označenie nástroja	Priemerný počet kusov obrobený reznou hranou/nástrojom
karusel LV1100RM	PLAT	SNMG 190612-KM; T 3225	6
karusel LV1100RM	PLAT	HNMG 050408 GU; TT 7015	5
karusel LV1100RM	PLAT	CNMG 190612E-RM; T9325	40
karusel LV1100RM	PLAT	DNMG 150404E-M; T9325	31
karusel LV1100RM	PLAT	CNMG 190612E-RM; T9335	5
karusel LV1100RM	PLAT	N123J2-0600-RM 3115	12
karusel LV1100RM	PLAT	HNMG 050408 GU; TT 7015	11
karusel LV1100RM	PLAT	DNMG 150604E-M; T9325	13
fréz. centr. VX 650	MONO	303DA-18,0-51-A18-M	44+
fréz. centr. VX 650	MONO	S262 1600 x 2,0	54
fréz. centr. VX 650	PLAT	BNGX10T308SR-HM	14
fréz. centr. VX 650	MONO	303DA-18,0-51-A18-M	106+
fréz. centr. VX 650	MONO	S262 1600 x 2,5	106
fréz. centr. VX 650	PLAT	XPHT 160412S 8230	56
fréz. centr. VX 650	PLAT	XPET 12T3AP-SD; D8345	99
fréz. centr. VX 650	PLAT	ADMX160608SR-MF; M8340	17

Analýza prebiehala formou zaznamenávania počtu obrobených kusov po každom otočení reznej doštičky, či výmene nástroja, v každej sérii brzdnych diskov počas 3 mesiacov (jún – august), kedy sa jednotlivé typy diskov vyrábali v niekoľkých menších sériách za sebou.

Znamienko + v tabuľkách znamená, že daný nástroj nebolo potrebné po obrobení sledovanej série vymieňať za nový. Nástroj teda bolo možné používať ďalej vo výrobe.

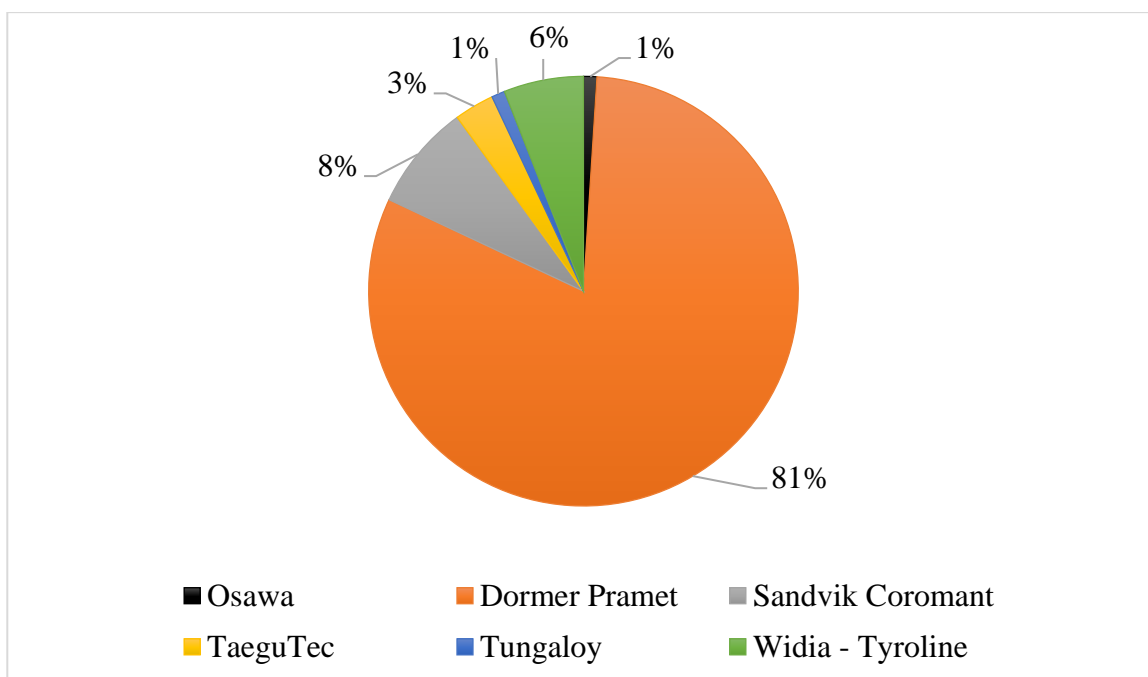
3.4.2 Vyhodnotenie analýzy trvanlivosti

Ako je možné vidieť na výsledkoch analýzy, trvanlivosť nástroja sa pohybovala v rozmedzí 1 až 160 kusov v závislosti od typu nástroja, či obrábaného materiálu a veľkosti obrobku.

V porovnaní počtu obrobených kusov boli najčastejšie menené rezné doštičky, či už na karuseloch alebo iných strojoch.

Výsledky analýzy sú ukazovateľom frekvencie výmeny nástrojov, ďalej budú použité pri výpočte množstva potrebných nástrojov na obrobenie určitých počtov kusov v sérii, celkových časov prestojov, ale aj pre interné výpočty a plánovanie objednávkového množstva nástrojov, potrebných zabezpečiť na zlepšenie plynulosti výroby.

Nástroje použité na obrábanie sú obstarávané od viacerých dodávateľov, prevažne však od firmy Dormer Pramet, ich podiel na dodávaní je percentuálne vyjadrený v nasledujúcom grafe na Obr. 22.



Obr. 22 Percentuálne vyjadrenie množstva nástrojov použitých pri obrábaní diskov od jednotlivých dodávateľov.

3.5 Čas výmeny nástrojov

V nasledujúcej kapitole sa nachádzajú informácie ohľadne času výmeny nástrojov, či už po opotrebení, alebo zlomení.

Výmena je myslená, buď ako otočenie reznej doštičky, jeho úplná výmena za iný, alebo výmena monolitného nástroja.

Hlavička tabuľky vytvorená pre potreby analýzy rýchlosti výmeny nástrojov zobrazuje základné informácie, ako je interný názov, číslo výrobku, pracovisko, obrábací stroj, číslo operácie a jej trvanie. Zvyšná časť tabuľky je určená pre sledované skutočnosti analýzy rýchlosti výmeny nástrojov. Je tu zaznamenaný čas úkonu i problémy, ktoré sa pri výmene vznikali. Trvanie operácie sa ďalej v práci neuvádza, nakoľko je to interná informácia a vedenie firmy si neželá túto informáciu zverejňovať.

Vzhľad tabuľky vid' príloha 3.

Analýza času výmeny nástroja prebiehala súčasne s analýzou zisťovania trvanlivosti nástrojov.

V tabuľke Tab. 8 sú spracované dáta času výmeny nástrojov. Sú v nej uvedené stroje, typ úkonov a čas potrebný na vykonanie daného úkonu.

Vysledované dáta sú vo finálnej tabuľke zosumarizované zo všetkých častí tejto analýzy, nakoľko sa úkony opakovali. Časy boli pri daných úkonoch poväčšine rovnaké, v prípade, že sa odlišovali sú uvedené ako priemerné hodnoty. Početnosť priemerovaných dát sa odlišovala od typu úkonu, otočenie či výmena sa pohybovali v rozmedzí 30 až 50, ostatné úkony mali početnosť okolo 10 až 15 opakovaní.

Tab. 8 Úkony, pri ktorých vznikajú prestoje, plus ich trvanie.

Dáta z analýzy trvania výmeny nástroja - príčiny vzniku prestojov		
Stroj	Typ úkonu	Trvanie úkonu [min]
karusel STK V80 R + karusel LV 1100 RM	otočenie doštičky	0,5
	výmena doštičky	1,5
	výber z automatu + výmena	4
	výber zo skladu	5
Frézovacie centrum VX 650	otočenie rezných doštičiek, 3 až 4 ks, výmena reznej doštičky	3
	výmena MONO nástroja + medzioperačné zameranie	5
Fréz. centrum MCU 700	výmena MONO nástroja	12,5
	výmena 1 reznej doštičky, otočenie druhej reznej doštičky	4

3.5.1 Vyhodnotenie analýzy

Vyššie uvedené výsledky analýzy poukazujú na viaceré problémy vzniku prestojov pri výmene nástrojov. Úkony spojené s výmenou nástrojov, ktoré sa pri výrobe vyskytujú sú: výmena celého nástroja, otočenie reznej doštičky, medzioperačné meranie nástroja, výber

nástroja z automatu alebo zo skladu. Výsledky analýzy času výmeny nástrojov sú rozdelené podľa strojov, na ktorých analýza prebiehala.

Ako je možné vidieť vo vyššie uvedenej tabuľke, najdlhšie trvá výmena monolitného nástroja, či jeho otočenie alebo zmeranie. Výmena, či otočenie reznej doštičky trvá kratšie.

3.6 Zistené skutočnosti

Vyhodnotenie analýzy súčasného stavu veľmi zreteľne poukázalo na úzke miesta i príčiny vzniku prestojov, a týchto príčin bolo hneď viacero.

Hlavnými príčinami vzniku prestojov pri výmene nástrojov boli: dlhé časy otáčania, či výmeny nástroja, vzdialenosť výdajného systému na nástroje, nedostatok nástrojov, čakanie na nástroj, prerábanie technológie v prípade, že je nutné obrábať iným nástrojom.

Výrazným, a zbytočným, problémom zisteným analýzou rýchlosti výmeny nástrojov sú určite chýbajúce nástroje. Tento problém bolo potrebné riešiť za pochodu a preto sa prispôbovali technológie nástrojom, ktoré sa v sklade nachádzali a bolo možné nimi danú operáciu vykonať. Toto opatrenie samozrejme spotrebovalo značné množstvo času, čiže tu vznikali dlhé prestoje, a tým pádom rástli aj N na výrobu.

Ďalším nemalým problémom bol nedostatok miesta na nástroje vo výdajnom systéme, čo so sebou prinieslo ďalší prestoj, nakoľko sa ostatné nástroje nachádzajú v sklade, obsluhujúci stroja bol nútený nájsť pracovníka skladu, aby mu nástroj našiel a vydal. Nutné poznamenať, že pracovník skladu náradia má na starosti hneď viacero skladov, a nie vždy je okamžite zastihnuteľný v kancelárii, čo čas prestoja ešte predlžuje.

Obsluhujúci strojov karusel LV1100RM a karusel SKT V80R majú vyššie spomínaný výdajný systém aj vo väčšej vzdialenosti od pracoviska, čo znamená, že musia prejsť cez pol haly vid'. Príloha 7: Výkres výrobnej haly, CD.

Analýza času výmeny nástrojov poukázala na to, že najdlhšie trvá výmena monolitného nástroja, jeho otočenie alebo zmeranie. Výmena, otočenie rezných doštičiek trvá kratšie, no i tak je to výrazný problém, nakoľko sa rezné doštičky menia výrazne častejšie ako nástroje monolitné. Preto po skončení analýz – trvanlivosť, rýchlosť výmeny nástroja, a vyhodnotení dát, bolo po konzultácii s vedením výroby rozhodnuté, že nápravné opatrenia a vyhodnocovanie nákladov sa budú týkať hlavne obrábania na karuseloch.

Dôležité je poznamenať, že počas uskutočňovania analýzy bola časť výroby presunutá zo strojov CNC vertikálne frézovacie centrum VX 650 a CNC frézovacie centrum MAS MCU 700V-5X POWER na iný stroj, kde boli operácie spojené do jednej (názov stroja nie je uvedený z dôvodu utajenia).

Vyčíslenie nákladov na prestoje pri výmene reznej doštičky, alebo jeho otočenie sú uvedené v Tab. 9.

Pre výpočet sú použité dáta z tabuľky Tab. 8 a Tab. 10.

Tab. 9 Náklady na jednotlivé úkony.

Stroj	Typ úkonu	Trvanie [min]	Jednotkové náklady [€]
karusel STK V80 R	Otočenie doštičky	1,5	0,825
	Výmena doštičky	0,5	0,275
	Výber z automatu + výmena:	4	2,2
	Výber zo skladu	5	2,75
	Chýbajúci nástroj + úprava technológie	60	33
karusel LV 1100 RM	Otočenie doštičky	1,5	1,38
	Výmena doštičky	0,5	0,46
	Výber z automatu + výmena:	4	3,68
	Výber zo skladu	5	4,6
	Chýbajúci nástroj + úprava technológie	60	55

4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOTENIE

V nasledujúcej časti diplomovej práce sú uvedené vlastné návrhy riešení a ich ekonomické zhodnotenie, ktorých implementácia má priniesť elimináciu nákladov na prestoje. Všetky návrhové riešenia sú počítané v €/ročný objem produkcie.

V nasledujúcich tabuľkách sa nachádzajú dáta na výpočet nákladov na prestoje, návratnosti investícií. V Tab. 10 sa nachádzajú informácie ohľadne hodinovej a minútovej sadzby obrábania na daných strojoch, ceny sú uvedené v €. Zdroj: firemné dokumenty.

Z dôvodu rozhodnutia zaoberať sa prestojmi pri výrobe na karuseloch, nie sú v tabuľke uvedené ceny ostatných strojov.

Tab. 10 Náklady na hodinu/minútu obrábania na daných strojoch.

Názov stroja:	Hodinová sadzba [€]	Minútová sadzba [€]
karusel STK V80 R	33,00	0,55
karusel LV 1100 RM	55,00	0,92
karusel VT900	36,00	0,60

Informácie o predpokladanom ročnom objeme výroby daných typov diskov vid' Tab. 11, hodnoty sú uvedené v kusoch za rok, ks/rok.

Tab. 11 Ročný objem výroby brzdnych diskov.

Názov disku	Predpokladaný ročný objem výroby [ks]
DISK 11	2040
DISK 55	1200
DISK 33	2640
DISK 66	1200
DISK 22, DISK 44	1000

Pre disky DISK 22 a DISK 44 nie sú k dispozícii predpokladané ročné objemy výroby. Objem 1000 kusov za rok je určený len pre potreby výpočtu.

Návrhové riešenia (podčiarknuté – vybrané a spracované):

- zoraďovacie plány,
- zmena rezných doštičiek,
- zmena obrábacieho stroja,
- nový zamestnanec,
- vymedzenie objednávkového cyklu,
- nový výdajný systém,
- optimalizácia pracoviska – zmena rozloženia,
- automatizácia v oblasti zásobovania pracovísk – vybavenie každého pracoviska počítačom, zásobovacím systémom,
- väčšie zásobníky na nástroje, automatické výmenné systémy s vyššou kapacitou.

4.1.1 Zoraďovacie plány

Zoraďovacie plány sú návrhom riadenia výmeny nástrojov v procese obrábania brzdých diskov, toto riešenie je zatiaľ v procese vypracovania. Tab. 12 zobrazuje príklad zoraďovacieho plánu, ktorý dostane pracovník vždy na začiatku obrábania danej série spolu so sprievodkou.

Tento dokument napomáha pracovníkovi ako pri zoraďovaní výroby, čiže skracuje i tento čas, tak aj pri výmene nástrojov. Každý pracovník, ktorý k stroju príde, vie, po koľkých kusoch je potrebné nástroj vymeniť a teda, koľko nástrojov si má buď z výdajného systému alebo zo skladu vybrať, aby sa zamedzilo prestojom, ktoré vznikajú výberom nástroja, či čakáním na jeho vydanie zo skladu.

Nasledujúca tabuľka nemá vyplnenú hlavičku z dôvodu utajenia technológie výroby konkrétneho výrobku.

Tab. 12 Príklad zoraďovacieho plánu.

Stroj: Hlavný program: Podprogram: Číslo výkresu: Číslo operácie: Upínač: čeľuste				
Nástroj	Operácia	Teleso	Rezná doštička/ Predpokl. životnosť	Typ
Nožový držiak	010 Hrubovanie čela	THSNR 25x25	CNMG 190612E-RM; T 9325 14 ks/rezná hrana CNMG 160612 T3205 20+ ks/rezná hrana	
Nožový držiak	020 Hrubovanie otvoru	A50U- PDUNR1 5	CNMG 190612E-RM; T 9325 20+ ks/rezná hrana	
Nožový držiak	030 Dokončovanie otvoru	A50U- PCLNR1 9	DNMG 150404E-M; T 9325 20+ ks/rezná hrana	
Nožový držiak	040 Dokončovanie čela	THSNR 25x25	DNMG 150604E-M; T 9325 5 ks/rezná hrana DNMG 150608 T9325 20+ ks/rezná hrana	

4.1.2 Zmena rezných doštičiek

Nasledujúce návrhové riešenie spočíva v zmene rezných doštičiek. Menené boli rezné doštičky s označením C za doštičky s označením S. Táto zmena priniesla za prvé viac rezných hrán použitých v obrábacom procese a vo väčšine prípadov i vyššiu trvanlivosť.

Výhody, ktoré priniesla zmena reznej doštičky sa premietli taktiež i v nákladoch, a to tak, že vyššia trvanlivosť priniesla nižšiu potrebu otáčania doštičky a viac rezných hrán zas nižší počet výmeny nástrojov.

N sú prepočítané len pre obrábanie brzdneho disku, DISK 11, na stroji: karusel LV1100RM, pre ročný objem produkcie 2640 ks. Nakoľko od počiatku zavádzania tohto návrhového riešenia boli vo výrobe len tieto brzdne disky. Pre ostatné typy diskov analýza po zmene rezných doštičiek ešte neprebehla.

Tab. 13 a Tab. 14 zobrazujú porovnanie množstva otočení a výmen nástroja, priemerné množstvo obrobených kusov na reznú hranu, počet rezných hrán nástroja i počet kusov obrobených jedným nástrojom, pre konkrétne rezné doštičky.

Výsledkom je vyčíslenie ušetrených nákladov vďaka zmene reznej doštičky. Ako je možné vidieť v Tab. 13, variant 2: zmena z doštičky CNMG 190612E-RM, T9310 na doštičku: SNMG 160612E-RM, T9310 úsporu nákladov nepriniesla. Ba práve naopak, aj napriek tomu, že má doštička dvojnásobne viac rezných hrán, vydržala obrobiť jednou reznou hranou polovičné množstvo ako doštička C. Obrábanie touto doštičkou prinieslo vyššie N na otáčanie doštičky o – 60,72 € vo výrobe 2640 ks brzdnych diskov.

S – Starý nástroj – používaný pred zmenou, **N** – Nový nástroj – po zmene.

Tab. 13 Porovnanie nástrojov používaných pred a po zmene.

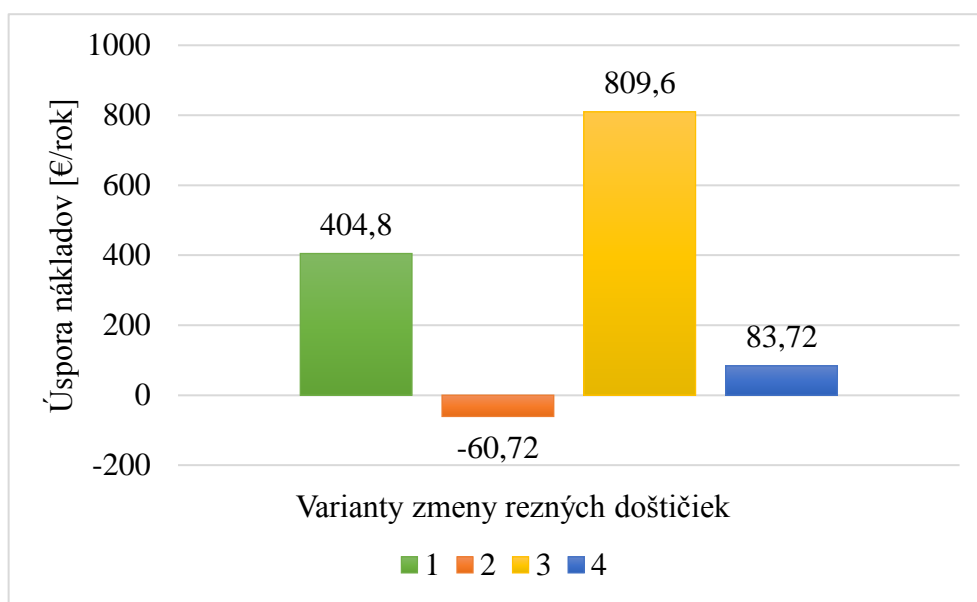
Variant		Rezná doštička	Trvanlivosť reznej hrany [ks]	Počet rezných hrán	Trvanlivosť nástroja [ks]
1	S	CNMG 1906012E-RM, T9335	2	4	8
	N	SNMG 190612E-RM, T9335	3	8	24
2	S	CNMG 190612E-RM, T9310	20	4	80
	N	SNMG 160612E-RM, T9310	10	8	80
3	S	CNMG 160616 RH, WK20CT	2	4	8
	N	SNMG 150612 RH, WK20CT	15	8	120
4	S	SNMG 190612-KM, T3225	6	8	48
	N	SNMG 150612, WK20CT	9	8	72

V nasledujúcej tabuľke Tab. 14 sú vyčíslené N na obrábanie danými reznými doštičkami pre typ disku: DISK 11, ročný objem výroby 2640 ks/rok.

Tab. 14 Vyjadrenie zmeny výšky nákladov po zavedení návrhového riešenia.

Variant:		Počet otočení nástroja	Počet výmen	Náklady na otáčanie nástroja [€]	Náklady na výmenu nástroja [€]	Ročná úspora [€]
1	S	990	330	455,4	455,4	
	N	770	110	354,2	151,8	
				101,2	303,6	404,8
2	S	99	33	45,54	45,54	
	N	231	33	106,26	45,54	
				-60,72	0	-60,72
3	S	990	330	455,4	455,4	
	N	154	22	70,84	30,36	
				384,56	425,04	809,6
4	S	385	55	177,1	75,9	
	N	257	37	118,22	51,06	
				58,88	24,84	83,72
						1237,4

Grafické vyjadrenie zmeny nákladov na obrábanie danými nástrojmi vid' Obr. 23.



Obr. 23 Zmena nákladov vzniknutá pri zavedení návrhového riešenia v €/ročný objem výroby.

4.1.3 Zmena obrábacieho stroja

Ďalším návrhovým riešením je zmena obrábacieho stroja. Dôvodom tohto návrhu je, že výmeny celých nástrojov a otočenie rezných doštičiek boli pri danom počte obrábaných kusov na aktuálnom obrábacom stroji značne vysoké a kapacita nového stroja bola voľná. Zmena: presunutie výroby z karuselu LV1100RM na karusel VT900. Očakáva sa zníženie N nielen na výrobu brzdných diskov, ale samozrejme tiež na prestoje, nakoľko cena za hodinu obrábania sa pri týchto strojoch líši o 19 €. Táto cena zahŕňa N na výrobné zariadenie, mzda pracovníka obsluhujúceho stroj, energie a všetky réžie.

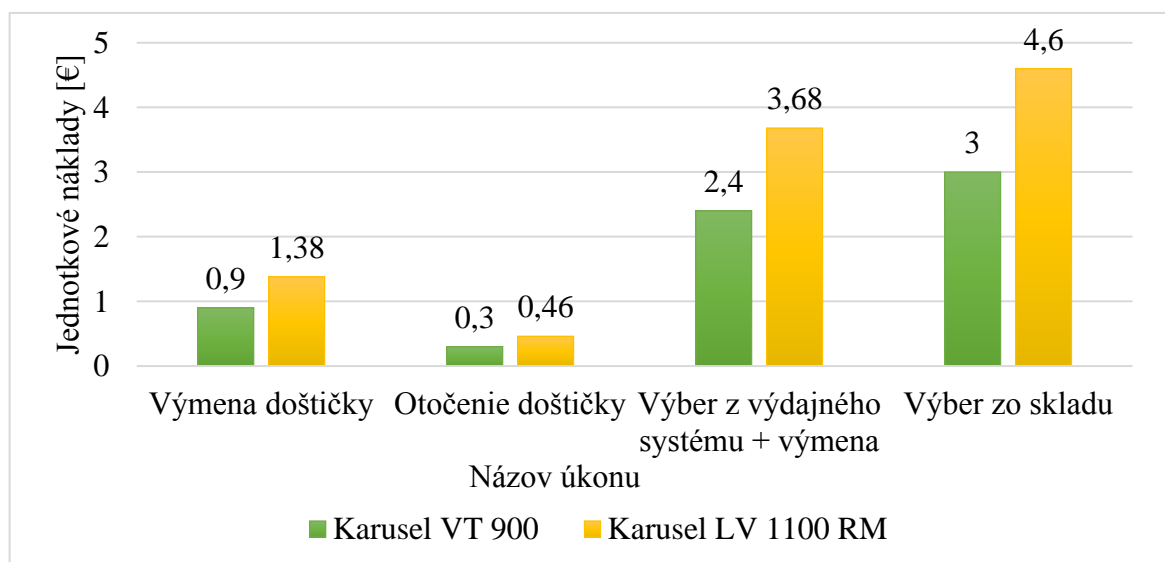
Výhodou je i uvoľnená kapacita karuselu LV1100RM pre rozmerovo väčšie výrobky, ktoré nie je možné vo firme obrobit' na inom stroji.

V nasledujúcej tabuľke Tab. 15 sú uvedené N na vysledované úkony spojené s výmenou nástrojov. Tiež sa v tejto tabuľke nachádza aj stĺpec zobrazujúci úspory vzniknuté presunutím výroby z karuselu LV 1100 RM na karusel VT 900.

Tab. 15 Rozdiel nákladov na úkony výmeny nástrojov na daných strojoch.

Typ úkonu	Trvanie [min]	Jednotkové náklady [€]		ÚSPORA [€]
		Stroj LV1100RM	Stroj VT900	
Výmena doštičky	1,5	1,38	0,9	0,48
Otočenie doštičky	0,5	0,46	0,30	0,16
Výber z výdajného systému + výmena:	4	3,68	2,4	1,28
Výber zo skladu	5	4,6	3	1,6

Na nasledujúcom grafe Obr. 24 sú znázornené údaje z tabuľky Tab.15.



Obr. 24 Zobrazenie nákladov na dané úkony výmeny nástrojov.

Úspora N na obrábanie, vzniknutá po zmene stroja, nie je v práci zohľadňovaná, dôvodom je utajenie akýchkoľvek iných informácií, okrem prestojov, týkajúcich sa výroby.

V Tab. 16 je zobrazený podrobný rozpis cien daných operácií na strojoch: karusel LV1100RM (v tabuľke označený 1100), karusel SKT V80R a karusel VT900 (v tabuľke označený 900) pre DISK 44. Detailné údaje pre ostatné typy diskov vid' príloha 6.

Tab. 16 Cena otočenia/výmeny nástrojov pri obrábaní disku: DISK 44.

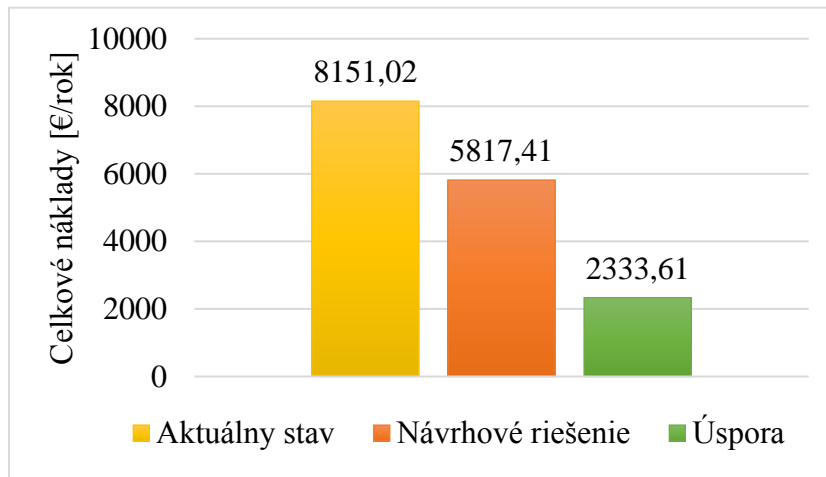
Označenie nástroja	Otočenie reznej doštičky, cena/ročný objem výroby [€]			Výmena reznej doštičky, cena/ročný objem výroby [€]		
	900	1100	Úspora	900	1100	Úspora
CNMG 160612 KR; T3205	32,4	49,68	17,28	32,4	49,68	17,28
CNMG 190612E-RM; T9310	11,4	17,48	6,08	11,7	17,94	6,24
DNMG 150604E-FM; T9310	11,4	17,48	6,08	11,7	17,94	6,24
DNMG 150608E-M; T9325	22,5	34,5	12	22,5	34,5	12
CNMG 190612E-RM; T9335	450	690	240	450	690	240
N123J2-0600-RM 3115	7,2	11,04	3,84	21,6	33,12	11,52
DNMG 150604E-FM; T9310	7,5	11,5	4	8,1	12,42	4,32
	542,4	831,68	289,28	558	855,6	297,6

Celkové náklady (CN) na otočenie a výmenu doštičiek ročného objemu výroby všetkých typov brzdnych diskov pri výrobe na strojoch karusel LV1100RM a VT900 (cena zahŕňa aj N na prestoje karuselu SKT V80R) sú zobrazené v Tab. 17.

Tab. 17 Celkové náklady po implementácii návrhového riešenia.

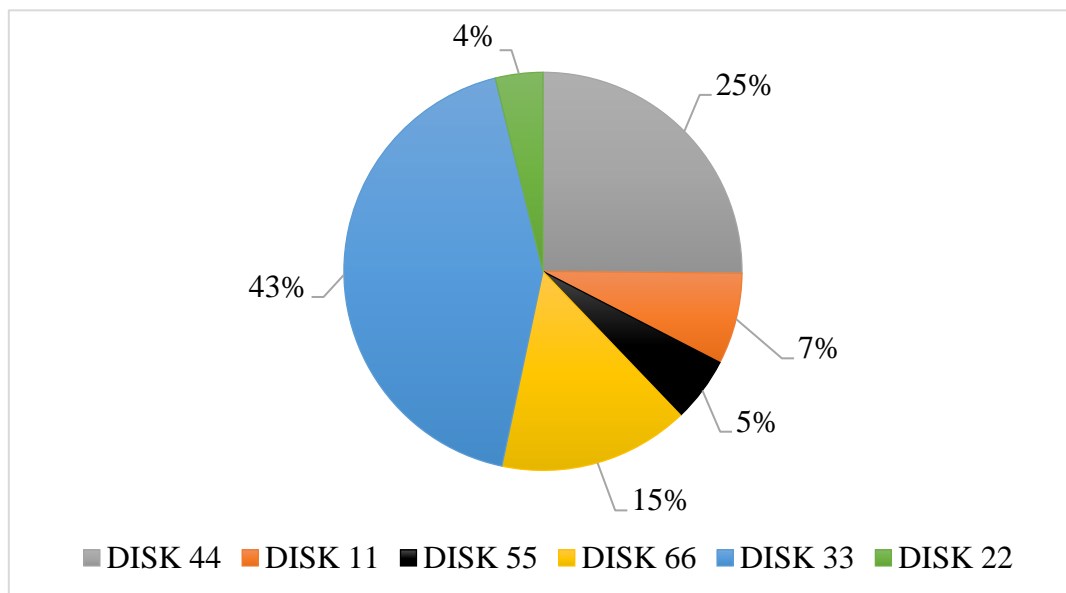
Typ disku	Celkové náklady [€]		
	Stroj LV1100RM	Stroj VT 900	ÚSPORA
DISK 44	1687,28	1100,40	586,88
DISK 11	824,98	651,86	173,12
DISK 55	540,04	416,67	123,37
DISK 66	1036,84	676,20	360,64
DISK 33	3608,35	2608,67	999,68
DISK 22	453,495	363,58	89,92
Σ	8151,02	5817,41	2333,61

V nasledujúcom grafe, Obr. 25 je zobrazená výška CN nákladov na dané varianty (Aktuálny stav – karusel LV1100RM, Návrhové riešenie – karusel VT900) i úspora nákladov vzniknutá implementáciou návrhového riešenia.



Obr. 25 Celkové náklady pred i po zmene obrábacieho stroja.

Percentuálne vyjadrenie podielu nákladov jednotlivých diskov na celkovom šetrení nákladov pri zmene obrábacieho stroja, Obr. 26:



Obr. 26 Percentuálne vyjadrenie podielu diskov na úspore nákladov.

4.1.4 Vymedzenie objednávkového množstva

Nakoľko jednou z príčin, ktorá spôsobuje vo výrobe prestoje, čiže narúša plynulý chod výroby sú chýbajúce nástroje, je v nasledujúcej kapitole predstavený návrh Plánovača objednávkového množstva nástrojov. Ide o nástroj, ktorý ak sa bude využívať, môže výrazne dopomôcť k tomu, aby sa viac nestávalo, že budú nástroje opäť chýbať.

Nástroj vytvorený v Exceli je veľmi ľahký na obsluhu, pozostáva z jednoduchého výpočtu potreby nástrojov na zadanú dávku v kolónke: Dávka. Založený je na analýze spotreby nástrojov pre jednotlivé typy diskov. Po zadaní plánovaného počtu vyrábaných kusov, nástroj automaticky prepočíta potrebné množstvo rezných doštičiek. Nástroj je v procese skúšania.

Na obrázku Obr. 27 je zobrazený vytvorený nástroj v základnej polohe, a to bez zadaného počtu kusov. Do kolónky vyznačenej na obrázku červenou sa zadá potrebné množstvo a následne prebehne prepočet, stĺpec vyznačený oranžovou farbou. Posledným stĺpcom tabuľky je celková cena potrebných nástrojov. Plánovač vid' v Prílohe 7, CD (Nástroj – Plánovač objednávkového množstva).

Interné označenie	33C33X	Stroj:	karusel LV1100RM, karusel SKT V80R		
Názov výrobku	DISK 33				
Dávka:	0	ks			
Označenie nástroja	Dodávateľ	Počet doštičiek [ks]	Počet rezných hrán	Trvanlivosť hrany [ks]	Spotreba doštičiek na dávku [ks]
CNMG 160612 RH; WK20CT	Widia - Tyroline	1	4	2	0
HNMG 432 GU; TT7015	Taegutec	1	12	1	0
CNMG 190612E-RM; T9325	Dormer Pramet	1	4	10	0
DNMG 150404 ML; WK20CT	Widia - Tyroline	1	4	5	0
CNMG 190612E-RM; T9335	Dormer Pramet	1	4	3	0
N123J2-0600-RM 3115	Sandvik Coromant	1	2	7	0
CNMG 190612E-RM; T9310	Dormer Pramet	1	4	20	0
DNMG 150604E-M; T9325	Dormer Pramet	1	4	10	0

Obr. 27 Nástroj na plánovanie objednávkového množstva - nevyplnený.

Na nasledujúcom obrázku Obr. 28 je zobrazený nástroj, po prepočte potreby nástrojov na výrobu daného brzdneho disku, v počte 100 kusov.

Interné označenie	33C33X	Stroj:	karusel LV1100RM, karusel SKT V80R		
Názov výrobku	DISK 33				
Dávka:	100	ks			
Označenie nástroja	Dodávateľ	Počet doštičiek [ks]	Počet rezných hrán	Trvanlivosť hrany [ks]	Spotreba doštičiek na dávku [ks]
CNMG 160612 RH; WK20CT	Widia - Tyroline	1	4	2	13
HNMG 432 GU; TT7015	Taegutec	1	12	1	9
CNMG 190612E-RM; T9325	Dormer Pramet	1	4	10	3
DNMG 150404 ML; WK20CT	Widia - Tyroline	1	4	5	5
CNMG 190612E-RM; T9335	Dormer Pramet	1	4	3	9
N123J2-0600-RM 3115	Sandvik Coromant	1	2	7	8
CNMG 190612E-RM; T9310	Dormer Pramet	1	4	20	2
DNMG 150604E-M; T9325	Dormer Pramet	1	4	10	3

Obr. 28 Nástroj na plánovanie objednávkového množstva - po prepočte.

Z vyhodnotenia analýzy súčasného stavu bolo zistené, že problém týkajúci sa chýbania nástroja sa objavil 1 až 2-krát mesačne, počas trojmesačného sledovania výrobného procesu. Po konzultácii s vedením výroby, bol pre výpočet zvolený taký variant, že sa tento problém dvakrát objaví každý mesiac.

Vďaka nástroju na plánovanie objednávkového množstva, ak sa bude pravidelne využívať, bude chýbanie nástrojov minulosťou. Mesačné N na prestojoch spôsobené hľadáním v sklade vhodného náhradného nástroja a úpravou technológie vyčíslených sadzbami daných strojov sú:

karusel LV 1100RM = 110 €

karusel SKT V80R = 66 €

karusel VT 900 = 72 €

Spolu sú mesačné náklady na tieto prestojy vo výške 248 € a ročne predstavujú čiastku 2976 €. Tento jednoduchý nástroj a jeho pravidelné využívanie tak môže zabrániť zbytočnému vzniku prestojov a ušetriť tak firme nemalé finančné prostriedky.

4.1.5 Nový výdajný systém nástrojov

Investícia do ďalšieho výdajného systému je pre firmu strategickým návrhom, nakoľko sa teraz vo firme nachádza výdajný systém len jeden a jeho kapacita je malá. Druhým dôvodom je veľká vzdialenosť tohto výdajného systému od strojov, ktoré sa nachádzajú v druhej časti výrobných haly.

Jedným z návrhov riešenia bolo aj zamestnať nového zamestnanca do skladu na pokrytie času poobedných smien, kedy sa vo firme nenachádza pracovník skladu nástrojov, ktorý nástroje obsluhujúcemu personálu v prípade chýbania vo výdajnom systéme vydáva priamo zo skladu. Tento návrh bol nakoniec zamietnutý, nakoľko nový výdajný systém nástrojov spolu s tým, čo sa už vo firme nachádza, spotrebu nástrojov na smenu kapacitne pokrývajú.

Pre výpočet sú použité nasledovné vzdialenosti vid' Obr. 29 (celý výkres, Pôdorys haly, vid' príloha 7, CD) a odstopovaný čas chôdze k výdajným systémom.

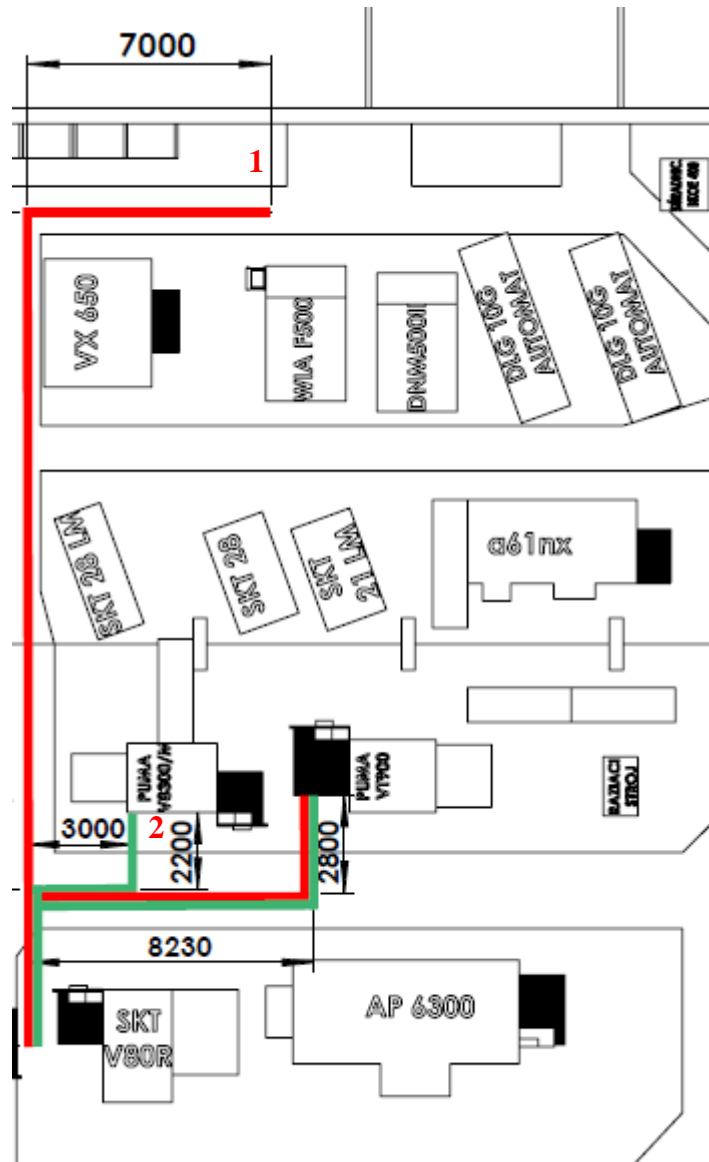
karusel SKT V80R

1. Výdajný systém – vzdialenosť 31 metrov, trvanie chôdze 24,7 sekúnd jeden smer.
2. Výdajný systém – vzdialenosť 9,726 metra, trvanie chôdze 7,75 sekúnd jeden smer.

karusel VT900

1. Výdajný systém – vzdialenosť 37,5 metra, trvanie chôdze 30 sekúnd jeden smer.
2. Výdajný systém – vzdialenosť 10,23 metra, trvanie chôdze 8 sekúnd jeden smer.

Červenou farbou sú zobrazené vzdialenosti k výdajnému systému, ktorý sa už vo firme nachádza, zelenou farbou sú zobrazené cesty k novému výdajnému systému – návrhové riešenie.



Obr. 29 Detail výrobnéj haly s vyznačenými trasami k výdajným systémom

V nasledujúcej tabuľke Tab. 18 sú uvedené údaje, ktoré sú potrebným vstupom pre výpočet nákladov na prestoje vznikajúcich z dôvodu veľkej vzdialenosti výdajného systému od obrábacích strojov.

Tab. 18 Údaje potrebné k výpočtu nákladov.

Stroj	Výdajný systém 1	Výdajný systém 2	Minútová sadzba stroja [€]	Náklady na cestu k výdajnému systému [€]	
	čas [s]	Čas [s]		1.	2.
V80R	24,7	7,75	0,55	0,4528333	0,1420833
VT900	30	8	0,6	0,6	0,16

Pre potreby vyhodnotenia nákladov na chôdzu je počítané, že obsluha stroja je nútená ísť po novú krabičku nástrojov do výdajného systému po šiestich výmenách nástroja (počítané, že v krabičke sa nachádza 6 ks rezných doštičiek).

Náklady vznikajúce pri chôdzi k výdajným systémom a späť pre všetky typy diskov na strojoch karusel SKT V80R a karusel VT900, taktiež aj výška ušetrovaných nákladov, sa nachádzajú v nasledujúcej tabuľke Tab. 19.

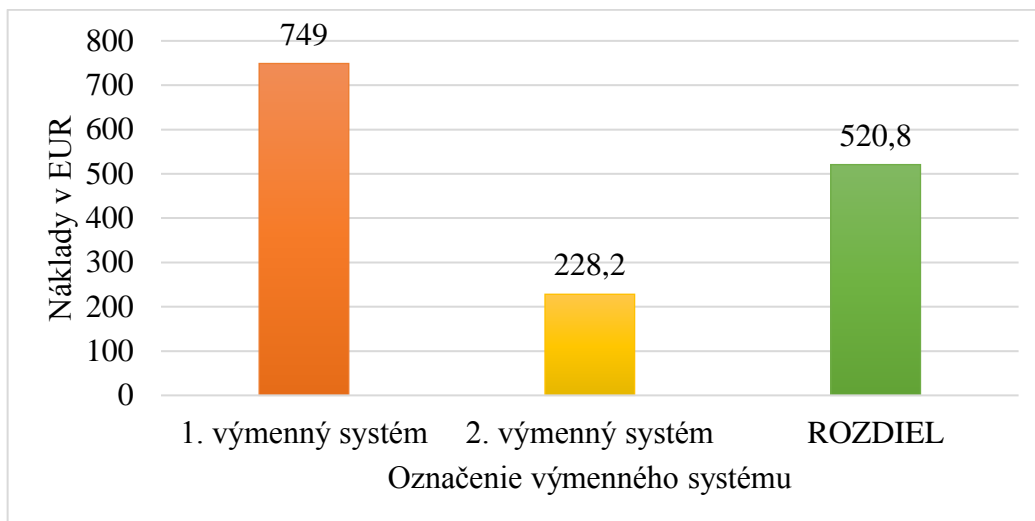
Tab. 19 Výška ušetrovaných nákladov pri obstaraní nového výdajného systému.

Počet výmien krabíčky s nástrojmi pre jednotlivé typy diskov [ks]						Náklady [€]			
						1. výdajný systém		2. výdajný systém	
DISK 44	DISK 55	DISK 11	DISK 66	DISK 33	DISK 22	VT900	V80R	VT900	V80R
6	2	9	10	55	3	51	38,5	13,6	13,6
3	10	60	3	37	9	73,2	55,3	19,6	19,6
3	4	19	3	11	3	25,8	19,5	6,9	6,9
5	2	9	7	22	3	28,8	21,8	7,7	7,7
84	3	15	17	37	11	100,2	75,7	26,8	26,8
0	13	75	5	32	11	81,6	61,6	21,8	21,8
4	2	9	15	6	2	22,8	17,3	6,1	6,1
2	7	40	10	11	2	43,2	32,7	11,6	11,6
Σ						749,0		228,2	
ROZDIEL						520,8			

Pri ročnom objeme produkcie brzdnych diskov vyrábaných na strojoch karusel SKT V80R a karusel VT900, vid' Tab. 19, je úspora nákladov vynaložených na prestroje vznikajúce pri chôdzi k výdajným systémom 520,8 €/ročne. Touto cenou prispievajú k návratnosti vlozenej investície dané stroje len výrobou diskov, nehovoriac o tom, že na daných strojoch sa vyrába okrem diskov ešte mnoho produktov.

Výdajný systém by slúžil pre uloženie rezných doštičiek i pre ostatné tri karusely a jedno univerzálne frézovacie centrum, kde by pri tomto riešení taktiež vznikali výrazné úspory nákladov, ktoré by značne zrýchlili dobu návratnosti. Po uplynutí doby návratnosti začne investícia do nového výmenného systému generovať úspory.

Úspora nákladov uvedená v Tab. 19 je tiež znázornená v grafe Obr.30.



Obr. 30 Náklady na „vzdialenosť“ výdajných systémov.

Na nasledujúcom obrázku Obr. 31 je zobrazené miesto plánovaného umiestnenia nového výmenného systému (V Obr. 29, miesto na výkrese označené číslom 2).



Obr. 31 Miesto pre nový výdajný systém.

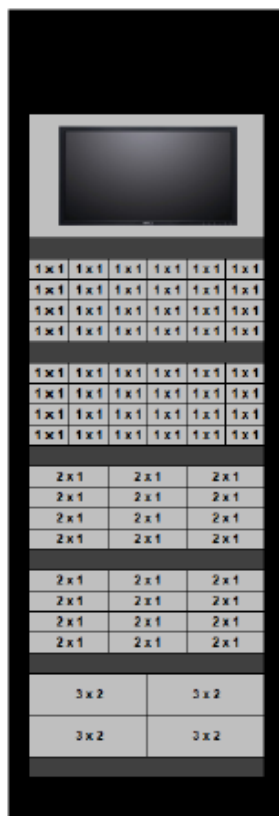
Navrhované výdajné systémy uvedené v Tab. 20, vid' konkrétne na Obr. 32 a Obr. 33.

Tab. 20 Výdajné systémy.

Názov	Dodávateľ	Katalógová cena [€]
ProLog SMART DRAWER	Dormer Pramet	17 360
MODULO BASIC FRAME	Widia - Tyroline	17 090



Obr. 32 Výdajný systém ProLog, SMART DRAWER, prevzaté z [33] .



Obr. 33 Výdajný systém MODULO BASIC FRAME, prevzaté z [34].

Výdajný systém SMART DRAWER má dosť veľkú výhodu v tom, že obsluha strojov tento výdajný systém pozná (presne takýto istý systém sa už v podniku nachádza), preto nie je potrebné zaškolenie, tým sa ušetrí čas i náklady na dané školenie vynaložené. Ponúka až 1050 skladovacích pozícií. Systém ponúka úspornú a efektívnu službu správy nástrojov. Úlohou systému je kontrolovať a zjednodušovať vydávanie a vracanie nástrojov. Pomáha spravovať úroveň zásob a tým zefektívniť riadenie zásob. [33]

Druhým navrhovaný systémom MODULO BASIC FRAME, síce sa dosť líši od prvého navrhovaného, no je treba poznamenať, že ponúka okrem úložného priestoru i mnohé zaujímavé funkcie. Ponúka možnosť skladovať až 1444 položiek. Dodávatelia tohto systému sľubujú znížovanie nákladov na nástroje o 30%, administratívne náklady až o 90%, zníženie skladových zásob o viac než 50%, zvyšovanie efektivity i globálnu konkurencieschopnosť. [34]

Ceny systémov uvádzané vyššie, sú katalógové ceny, nakoľko návrhové riešenie je rovine konzultácií s dodávateľmi. Ponuky sa vždy upravujú presne podľa požiadaviek zákazníka, a tým sa samozrejme upravuje aj cena.

Každý z uvedených výdajných systémov má mnoho výhod, katalógové ceny sú takmer totožné a je na vedení firmy, ktorému riešeniu dá prednosť.

5 ZÁVER

Hlavným cieľom vypracovania diplomovej práce bolo nájsť a optimalizovať úzke miesta spôsobujúce vysoké prestoje, a tomu odpovedajúce náklady, pri výmene rezných nástrojov vo výrobe brzdnych diskov. Najdôležitejšie bolo zadefinovať problémy a vykonať analýzu súčasného stavu tak, aby získané dáta boli čo najpravdivejšie. Táto podmienka bola dôležitá pre správne vyhodnotenie analýz, zistených úzkych miest, ďalej pre nákladové vyjadrenie, nasledovné návrhové riešenia a porovnanie súčasného stavu a stavu po implementácii návrhových riešení.

Analýza súčasného stavu bola rozdelená do dvoch častí. Prvá časť je zameraná na sledovanie spotreby nástrojov pri výrobe šiestich typov diskov na daných strojoch, druhou časťou analýzy je sledovanie času výmeny rezných nástrojov. Výsledky analýz jasne poukázali na miesta vzniku prestojov.

Vyhodnotenie analýzy súčasného stavu poukázalo na úzke miesta v procese obrábania brzdnych diskov pomerne jasne. Príčin vzniku prestojov bolo hneď viacero, boli zistené dlhé časy otáčania a výmeny nástrojov, vzdialenosť výdajného systému na nástroje a tiež jeho nedostatočná kapacita. Výrazným a hlavne zbytočným problémom zisteným analýzou súčasného stavu boli chýbajúce nástroje, ktorých nedostatok si vyžiadala prerábanie či úpravu technológie na obrábanie iným nástrojom. Úprava technológie spotrebovala značné množstvo času, a tým pádom rástli aj N na výrobu.

Analýzou času výmeny nástrojov bolo zistené, že aj keď najdlhšie trvá výmena monolitného nástroja, či jeho otočenie a zmeranie, stále prestoje nie sú také významné ako otáčanie a výmena rezných doštičiek na karuseloch. Dôvodom je potreba vymieňať dané nástroje výrazne častejšie. S výmenami sú spojené vysoké náklady na prestoje.

Po vyhodnotení dát z analýz frekvencia a čas výmeny nástrojov padlo rozhodnutie, že nápravné opatrenia sa budú týkať hlavne vznikajúcich prestojov vo výrobe brzdnych diskov na karuseloch. Rozhodnutie vzniklo po konzultácii s vedením výroby.

Technicko-ekonomické zhodnotenie pozostáva z piatich návrhových riešení. Návrhové riešenie zoraďovacie plány má dopomôcť hlavne pri zoraďovaní stroja v začiatku obrábania a tým skrátiť i tieto časy. Taktiež je v týchto plánoch uvedený priemerný počet kusov, ktoré je možné nástrojom obrobit', a tým obsluha stroja vie, koľko nástrojov si má pripraviť na obrábanú dávku (eliminácia častého výberu nástrojov zo vzdialeného výdajného systému).

Aj napriek tomu, že práca sa zaoberá hlavne procesom výmeny, jedným z návrhov riešenia je i zmena rezných doštičiek. Táto zmena pozostáva z výmeny rezných doštičiek typu C na doštičky typu S. Najväčšou výhodou tejto zmeny je, že nové rezné doštičky majú viac rezných hrán a preto sú náklady na otočenie a výmenu rezných doštičiek vo výrobe danej dávky nakoniec nižšie. I keď jeden typ doštičky spôsobil stratu, konečná úspora na ročný objem výroby brzdnych diskov typu DISK 11 je 1237,4 €. Toto návrhové riešenie je vyčíslené len na jeden disk, nakoľko od momentu implementácie tejto zmeny bol vo výrobe len tento typ brzdnych diskov.

Zmena obrábacieho stroja (zo stroja karusel LV1100RM na stroj karusel VT900) je výraznou zmenou, ktorá po vyčíslení nákladov vznikajúcich pri výmene a otočení rezných doštičiek ročného objemu výroby všetkých typov brzdnych diskov prinesie úsporu 2333,61 €. Ďalším prínosom tohto riešenia je uvoľnená kapacita karuselu LV1100RM, kde sa môžu obrábať výrobky s takými rozmermi, ktoré žiadny iný karusel vo firme obrobit' nedokáže.

Návrhové riešenie, Plánovač objednávkového množstva, je riešením týkajúcim sa hlavne procesu plánovania. Tento nástroj má pomôcť pri plánovaní potrebného objednávkového množstva nástrojov na dané výrobné dávky jednotlivých brzdnych diskov. Používaním nástroja a následným objednaním vypočítanej potreby nástrojov na obrábanie je možné zamedziť prestojom vzniknutým z dôvodu chýbajúcich nástrojov. V analýze súčasného stavu bolo zistené, že tieto prestoje vznikajú aspoň dvakrát do mesiaca a ich vyčíslenie pre karusely LM1100, VT900 a SKT V80R je až 2976 € ročne.

Posledným návrhovým riešením je investícia do nového výdajného systému nástrojov (ceny navrhovaných výdajných systémov sa pohybujú okolo 17 000 €), ktorý by bol umiestnený v blízkosti karuselov. Vo firme sa už jeden systém nachádza, no je od sledovaných strojov vo vzdialenosti 30 až 40 metrov. Po prepočítaní vzdialeností a času na chôdzu k výdajným systémom bolo zistené, že obstaraním nového výdajného systému a jeho umiestnením pri strojoch obrábajúcich brzdne disky by vznikla úspora na ročnom objeme výroby až 520,8 €. Touto sumou by k návratnosti vlozenej investície prispievali len brzdne disky, pričom sa na strojoch obrábajú aj iné výrobky a v okolí sú ďalšie stroje, kde by po implementácii tohto riešenia vznikali ďalšie úspory, ktoré by prispievali k rýchlejšej návratnosti vlozenej investície.

Výstupom technicko-ekonomického zhodnotenia je, že implementáciou navrhovaných riešení, ktoré nie vždy priniesli úsporu, je možné v procese výmeny nástrojov vo výrobe brzdnych diskov ušetriť takmer 7100 € ročne. Táto úspora bude v konečnom dôsledku ešte vyššia, nakoľko návrhové riešenie výmeny rezných doštičiek je implementované zatiaľ len na výrobu jedného typu brzdnych diskov.

Po eliminácii najzávažnejších príčin prestojov je odporúčané zamerať sa na zrýchlenie časov výmeny nástrojov, a to napríklad investíciou do automatickej výmeny nástrojov, optimalizáciou a úpravou pracoviska, zmenou náradia používaného pri výmene, či presným popisom toho, ako má výmena nástrojov prebiehať.

Záverom je možné zhodnotiť, že ciele práce boli splnené.

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮV

- [1] JUROVÁ, Marie. *Organizace přípravy výroby*. Vydání druhé, rozšířené a přepracované. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2015. ISBN 978-80-214-5247-3.
- [2] JUROVÁ, Marie. *Řízení výroby I. Část 2*. Vyd. 2., přeprac. a dopl. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-3134-2.
- [3] SYNEK, Miloslav. *Manažerská ekonomika*. 5., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3494-1.
- [4] LUŇÁČEK, Jiří a Tomáš HERALECKÝ. *Optimalizace podnikových aktivit*. Ostrava: Key Publishing, 2009. *Ekonomie* (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-043-9.
- [5] PLÁNIČKA, František. Inteligentní řešení šetří náklady. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2017, (2017) [cit. 2019-04-29].
Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/inteligentni-reseni-setri-naklady.html>
- [6] UHLIKOVÁ, Julie. Komplexní servis nástrojů. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2019, (20193) [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/komplexni-servis-nastroju.html>
- [7] Rychlovýměnné systémy poháněných jednotek. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2013, (20139) [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/rychlovymenne-systemy-pohanenych-jednotek.html>
- [8] SŠ-COPT Kroměříž [online]. Copyright ©, b.r. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://coptkm.cz/portal/reposit.php?action=0&id=30092&revision=-1&instance=2>
- [9] PŘÍSLUŠENSTVÍ STROJŮ: VÝMĚNY NÁSTROJŮ. Škoda machine tool [online]. [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <https://skodamt.com/cs/produkty/prislusenstvi-stroju/vymeny-nastroju>
- [10] OLIVER, Lianabel. *The cost management toolbox: a manager's guide to controlling costs and boosting profits*. New York: AMACOM, 2000. ISBN 08-144-7448-9.
- [11] KOČMANOVÁ, Alena. *Ekonomické řízení podniku*. Praha: Linde Praha, 2013, 358 s. ISBN 978-80-7201-932-8.
- [12] TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Řízení výroby*. Praha: Grada, 1999. ISBN 80-716-9578-5.
- [13] OGER, Brigitte a Jana FIBÍROVÁ. *Řízení nákladů*. Praha: HZ, 1998, 155 s. ISBN 80-860-0924-6.
- [14] MALEGA, Peter a Jozef MIHOK. *PRESTOJE A STRATY VERSUS EFEKTÍVNOSŤ VÝROBY STOPPAGES AND LOSSES VERSUS EFFECTIVENESS OF PRODUCTION: Transfer technológií* [online]. 2006, (92006) [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <http://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/9-2006/pdf/97-100.pdf>

- [15] HLAVENKA, Bohumil. Projektování výrobních systémů: *technologické projekty* I. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-2871-6.
- [16] ZEMČÍK, Oskar. Technologická příprava výroby. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002, 158 s. ISBN 80-214-2219-X.
- [17] VOJTKO, Imrich a Jozef MIKITA. *METHOD OF PROJECTING MODULAR STRUCTURES FOR MANUFACTURING TECHNOLOGY*. *Annals of DAAAM* [online]. 2011, 263-264 [cit. 2019-04-12]. ISSN 17269679. Dostupné z: <http://web.b.ebscohost.com.ezproxy.lib.vutbr.cz/ehost/detail/detail?vid=0&sid=e758e5df-8868-43bf-9f64-ed585530925e%40pdc-v-sessmgr05&bdata=Jmxhbm9Y3Mmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=a9h&AN=69985015>
- [18] MCGUIGAN, James R., R. Charles MOYER a Frederick H. deB HARRIS. Managerial economics. 7th ed. Minneapolis/St. Paul: West Pub. Co., 1996. ISBN 03-140-6433-8.
- [19] KRAUSZOVÁ, Andrea. Oblasti výrobného procesu a ich optimalizácia. *Engineering.sk* [online]. b.r. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://www.engineering.sk/clanky2/stroje-a-technologie/443-oblasti-vyrobnego-procesu-a-ich-optimalizacia>
- [20] Co je štíhlá výroba?. *ENPRAG s.r.o.* [online]. b.r. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://stihlavyroba.eu/stihla-vyroba/s-29/>
- [21] SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0.
- [22] PARKERS, Aneta. *Lean Management Genesis*. *Management* [online]. Zielona Góra: De Gruyter Open Sp. z o.o, 2015, 19(2), 106-121 [cit. 2019-04-11]. DOI: 10.1515/manment-2015-0017. ISSN 2299-193X. Dostupné z: <http://content.sciendo.com/view/journals/manment/19/2/article-p106.xml>
- [23] HAJMOHAMMAD, Sara, Stephan VACHON, Robert d. KLASSEN a Iuri GAVRONSKI. Lean management and supply management: their role in green practices and performance. *Journal of Cleaner Production* [online]. Elsevier Ltd, 2013, 39, 312-320 [cit. 2019-04-16]. DOI: 10.1016/j.jclepro.2012.07.028. ISSN 0959-6526. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com.ezproxy.lib.vutbr.cz/science/article/pii/S0959652612003666>
- [24] GEORGE, Michael L. *Kapesní příručka Lean Six Sigma: rychlý průvodce téměř 100 nástroji* na zlepšování kvality procesů, rychlosti a komplexity. Brno, 2010. ISBN 978-80-904099-2-7.
- [25] Quality management. Facilities manager's desk reference [online]. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 2010, s. 499-513 [cit. 2019-04-10]. ISBN 9781405186612.
- [26] FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9.
- [27] KOŠTURIÁK, Ján. Projektovanie výrobných systémov pre 21. storočie. Žilina: Žilinská univerzita, 2000, 397 s. ISBN 80-710-0553-3.
- [28] DRDLA, Miloš. Řízení změn ve firmě: *reengineering : jak vybudovat úspěšnou firmu*. Praha: Computer Press, 2001. Business books (Computer Press). ISBN 80-722-6411-7.

- [29] KING, William. Process reengineering. *Information Systems Management [online]*. Abingdon: Taylor & Francis Ltd, 1994, 11(2), 71 [cit. 2019-04-15]. ISSN 10580530. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/214129187/>
- [30] TOMÁNEK, Jaroslav. Sborník managementu změn a reengineeringu: [sborník článků, přednášek a studií]. Praha: Computer Press, 2001. Business books (Computer Press). ISBN 80-722-6428-1.
- [31] CHASE, Richard B. a Nicholas J. AQUILANO. *Production and operations management: manufacturing and services*. 7th ed. Chicago: Irwin, 1995. ISBN 02-561-8752-5.
- [32] KUBÍK, Roman a Jan STREJČEK. *Technologické projekty a manipulace s materiálem*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2015. ISBN 978-80-214-5260-2.
- [33] Predajný systém ProLog. *Dormer Pramet [online]*. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.dormerpramet.com/sk-sk/services/prolog>
- [34] Interné dokumenty spoločnosti [cit. 2019-05-16]

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV

Skratka	Popis
PC	Personal Computer
AVN	Systém automatickej výmeny nástrojov
RTC	Robotic Tool Change
N	Náklady
CN	Celkové náklady
OPN	Ostatné priame náklady
IS	Informačný systém
TPV	Technologická príprava výroby
LM	Lean Manufacturing
TQM	Total Quality Management

Symbol	Jednotka	Popis
T	[dni]	Dĺžka plánovacieho obdobia
N_d	[€]	Náklady na zaistenie jednej dodávky v danom období
N_s	[€]	Náklady na skladovanie a udržiavanie zásob
N_c	[€]	Celkové operačné náklady výroby na kus
N_s	[€]	Náklady na strojnú prácu
N_N	[€]	Náklady na výmenu nástroja, stiahnuté na jeden kus
N_T	[€]	Náklady na nástroj, stiahnuté na jeden kus
N_v	[€]	Náklady na vedľajšiu prácu
D	[mm]	Vonkajší priemer
d	[mm]	Vnútorý priemer
D_0	[ks]	Optimálna veľkosť dodávky
Q_T	[ks]	Počet kusov obrobených jednou hranou
N_1	[€]	Cena reznej doštičky
N_2	[€]	Cena držiaka
n_B	[ks]	Počet rezných hrán reznej doštičky
Z	[ks]	Životnosť

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha 1: Strojový park použitý pri výrobe brzdnych diskov.

Príloha 2: Príklad tabuľky použitej pri analýze súčasného stavu – spotreba nástrojov.

Príloha 3: Príklad tabuľky použitej pri analýze súčasného stavu – čas výmeny nástrojov.

Príloha 4: Nástroje použité pri výrobe jednotlivých brzdnych diskov.

Príloha 5: Trvanlivosť nástrojov.

Príloha 6: Zmena obrábacieho stroja – tabuľky hodnôt jednotlivých diskov.

Príloha 7: CD

PRÍLOHA 1

CNC sústruh vertikálny HYUNDAI KIA LV1100RM (karusel LV1100RM)



Riadiaci systém: FANUC 32i-A,
maximálny sústružený priemer: Ø1160 mm,

CNC sústruh vertikálny HYUNDAI KIA SKT V80R (karusel LV1100RM)



Riadiaci systém: FANUC 21i-TB,
Maximálny sústružený priemer Ø880 mm.

CNC vertikálne frézovacie centrum VX 650



Riadiace centrum FANUC Series 32i-MODEL A,
rozmer stolov: 1600x650,
počet osí: 4, nosnosť: 1200 kg,

CNC frézovacie centrum MAS MCU 700V-5X POWER



Riadiace centrum HEIDENHAIN MCU 700V-5XPOWER HH530,

rozmer stolov Ø 650 mm,

počet osí 5, nosnosť 850 kg.

CNC vertikálny sústruh DOOSAN typ PUMA VT900 (karusel VT900)



Riadiaci systém: FANUC 0i-TF,

maximálny sústružený priemer Ø900 mm.

Zdroj: Interné dokumenty

PRÍLOHA 4

Nástroje použité na obrábanie na frézovacích centrách VX 650 a MAS MCU 700.

fréz. centrá VX 650, MCU 700	Typ nástroja:
303DA-18,0-51-A18-M	Vrták
ADMX11T325SR-M 8230	Rezná doštička
ADMX160608SR-MF; M8340	Rezná doštička
BNGX10T308SR-HM	Rezná doštička
S262 1600 x 2,0	Fréza
S262 1600 x 2,5	Fréza
SC FIN 4FL 16x16x32x92R0,3	Fréza
SCET 120408-SD; D9335	Rezná doštička
TCMT16 T304E-UR; T8330	Rezná doštička
TNGX100408SR-M; 8215	Rezná doštička
TNGX100408SR-M; 8230	Rezná doštička
TNMU 1207R16PER-MJ; AH2135	Rezná doštička
XPET 12T3AP-SD; D8345	Rezná doštička
XPHT 160412S 8230	Rezná doštička

PRÍLOHA 5

Trvanlivosť nástroja pri výrobe brzdného disku, DISK 22.

Stroj	PLAT/ MONO	Označenie nástroja	Priemerný počet kusov obrobený reznou hranou/ nástrojom
karusel LV1100RM	PLAT	CNMG 190612E-RM; T9325	14
karusel LV1100RM	PLAT	DNMG 150604E-M; T9325	5
karusel LV1100RM	PLAT	CNMG 160612 KR; T3205	20+
karusel LV1100RM	PLAT	DNMG 150608E-M; T9325	20+
karusel LV1100RM	PLAT	CNMG 190612E-RM; T9325	20+
karusel LV1100RM	PLAT	DNMG 150404E-M; T9325	20+
karusel SKT V80R	PLAT	CNMG 190612E-RM; T9335	4
karusel SKT V80R	PLAT	N123J2-0600-RM 4325	8
karusel SKT V80R	PLAT	CNMG 160612 KR; T3205	40
karusel SKT V80R	PLAT	DNMG 150604E-M; T9325	40
fréz. centr. VX 650	PLAT	ADMX160608SR-MF; M8340	20
fréz. centr. VX 650	MONO	G2CSHM 20	42
fréz. centr. VX 650	MONO	303DA-18,0-51-A18-M	42
fréz. centr. MCU 700	PLAT	XPET 12T3AP-SD; D8345	28
fréz. centr. MCU 700	MONO	303DA-18,0-51-A18-M	28
fréz. centr. MCU 700	MONO	S262 1600 x 2,5	42
fréz. centr. MCU 700	PLAT	XPHT 160412S 8230	39
fréz. centr. MCU 700	MONO	SC FIN 4FL 16x16x32x92R0,3	27
fréz. centr. MCU 700	PLAT	ADMX160608SR-MF; M8340	38

Trvanlivosť nástroja pri výrobe brzdného disku, DISK 33.

Stroj	PLAT/ MONO	Označenie nástroja	Priemerný počet kusov obrobený reznou hranou/nástrojom
karusel LV1100RM	PLAT	CNMG 160612 RH; WK20CT	2
karusel LV1100RM	PLAT	HNMG 432 GU; TT7015	1
karusel LV1100RM	PLAT	CNMG 190612E-RM; T9325	10
karusel LV1100RM	PLAT	DNMG 150404 ML; WK20CT	5
karusel SKT V80R	PLAT	CNMG 190612E-RM; T9335	3
karusel SKT V80R	PLAT	N123J2-0600-RM 3115	7
karusel SKT V80R	PLAT	CNMG 190612E-RM; T9310	20
karusel SKT V80R	PLAT	DNMG 150604E-M; T9325	10
fréz. centr. VX 650	MONO	S262 1600 x 2,0	33
fréz. centr. VX 650	MONO	TDS401A18000	166
fréz. centr. VX 650	PLAT	TNGX100408SR-M; 8215	7
fréz. centr. VX 650	PLAT	TNGX100408SR-M; 8230	8
fréz. centr. MCU 700	PLAT	XPET 12T3AP-SD; D8345	16
fréz. centr. MCU 700	PLAT	SCET 120408-SD; D9335	16
fréz. centr. MCU 700	PLAT	ADMX11T325SR-M 8230	16
fréz. centr. MCU 700	MONO	303DA-18,0-51-A18-M	120
fréz. centr. MCU 700	PLAT	TCMT16 T304E-UR; T8330	160+
fréz. centr. MCU 700	PLAT	XPHT 160412S 8230	45+

Trvanlivosť nástroja pri výrobe brzdného disku, DISK 44.

Stroj	PLAT/ MONO	Označenie nástroja	Priemerný počet kusov obrobený reznou hranou/nástrojom
karusel LV 1100 RM	PLAT	CNMG 160612 KR; T3205	7
karusel LV 1100 RM	PLAT	CNMG 190612E-RM; T9310	20
karusel LV 1100 RM	PLAT	DNMG 150604E-FM; T9310	20
karusel LV 1100 RM	PLAT	DNMG 150608E-M; T 9325	10
karusel LV 1100 RM	PLAT	CNMG 190612E-RM; T9335	0,5
karusel LV 1100 RM	PLAT	N123J2-0600-RM 3115	21
karusel LV 1100 RM	PLAT	DNMG 150604E-FM; T9310	30
fréz. centr. VX 650	MONO	303DA-18,0-51-A18-M	39

Stroj	PLAT/ MONO	Označenie nástroja	Priemerný počet kusov obrobený reznou hranou/nástrojom
fréz. centr. VX 650	MONO	S262 1600 x 2,5	51+
fréz. centr. VX 650	PLAT	TNMU1207R16PER-MJ; AH2135	4
fréz. centr. MCU 700	PLAT	XPET 12T3AP-SD; D8345	10
fréz. centr. MCU 700	PLAT	SCET 120408-SD; D9335	10
fréz. centr. MCU 700	PLAT	ADMX11T325SR-M 8230	20
fréz. centr. MCU 700	MONO	303DA-18,0-51-A18-M	30
fréz. centr. MCU 700	PLAT	TCMT16 T304E-UR; T8330	100+
fréz. centr. MCU 700	PLAT	XPHT 160412S 8230	100+

Trvanlivosť nástroja pri výrobe brzdného disku, DISK 55.

Stroj	PLAT/ MONO	Označenie nástroja	Priemerný počet kusov obrobený reznou hranou/nástrojom
karusel LV 1100 RM	PLAT	CNMG 190612; T9310	36
karusel LV 1100 RM	PLAT	CNMG 160616 RH; WP15CT	5
karusel LV 1100 RM	PLAT	CNMG 160612 RH; WK20CT	16
karusel LV 1100 RM	PLAT	DNMG 150404 ML; WK20CT	35
karusel LV 1100 RM	PLAT	HNMG 050408 GU; TT 7015	7
karusel SKT V80R	PLAT	CNMG 190612 RM; T9315	4
karusel SKT V80R	PLAT	DNMG 150604E-M; T9325	37
karusel SKT V80R	PLAT	N123J2-0600-RM 3115	15
fréz. centr. VX 650	MONO	303DA-18,0-51-A18-M	36+
fréz. centr. VX 650	MONO	S262 1600 x 2,0	36+
fréz. centr. VX 650	PLAT	BNGX10T308SR-HM	18
fréz. centr. VX 650	PLAT	XPET 12T3AP-SD; D8345	36+
fréz. centr. VX 650	MONO	303DA-18,0-51-A18-M	36+
fréz. centr. VX 650	MONO	S262 1600 x 2,5	36+
fréz. centr. VX 650	PLAT	XPHT 160412S 8230	36+
fréz. centr. MCU 700	MONO	303DA-18,0-51-A18-M	64+
fréz. centr. MCU 700	MONO	S262 1600 x 2,0	64+
fréz. centr. MCU 700	PLAT	TCMT16 T304E-UR; T8330	64+
fréz. centr. MCU 700	PLAT	BNGX10T308SR-HM	28
fréz. centr. MCU 700	PLAT	XPET 12T3AP-SD; D8345	17

Stroj	PLAT/ MONO	Označenie nástroja	Priemerný počet kusov obrobený reznou hranou/nástrojom
fréz. centr. MCU 700	PLAT	SCET 120408-SD; D9335	17
fréz. centr. MCU 700	PLAT	ADMX11T325SR-M 8230	16
fréz. centr. MCU 700	MONO	303DA-18,0-51-A18-M	64+
fréz. centr. MCU 700	PLAT	TCMT16 T304E-UR; T8330	64+
fréz. centr. MCU 700	PLAT	XPHT 160412S 8230	64+

Trvanlivosť nástroja pri výrobe brzdneho disku, DISK 66.

Stroj	PLAT/ MONO	Označenie nástroja	Priemerný počet kusov obrobený reznou hranou/nástrojom
karusel LV 1100 RM	PLAT	CNMG 160612 KR; T3205	5
karusel LV 1100 RM	PLAT	CNMG 190612E-RM; T9310	18
karusel LV 1100 RM	PLAT	DNMG 150604E-M; T9325	19
karusel LV 1100 RM	PLAT	DNMG 150608E-M; T 9325	8
karusel LV 1100 RM	PLAT	CNMG 190612E-RM; T9335	3
karusel LV 1100 RM	PLAT	CNMG 190612E-RM; T9310	11
karusel LV 1100 RM	PLAT	N123J2-0600-RM 4325	7
karusel LV 1100 RM	PLAT	DNMG 150404E-M; T9325	5
fréz. centr. MCU 700	PLAT	XPHT 160412S 8230	60
fréz. centr. MCU 700	PLAT	BNGX10T308SR-HM	10
fréz. centr. MCU 700	MONO	303DA-18,0-51-A18-M	60
fréz. centr. MCU 700	MONO	S262 1600 x 2,0	55+
fréz. centr. MCU 700	PLAT	XPHT 160412S 8230	44+
fréz. centr. MCU 700	PLAT	ADMX11T325SR-M 8230	14
fréz. centr. MCU 700	PLAT	XPET 12T3AP-SD; D8345	8
fréz. centr. MCU 700	PLAT	SCET 120408-SD; D9335	8
fréz. centr. MCU 700	MONO	303DA-18,0-51-A18-M	62

PRÍLOHA 6

Cena otočenia/výmeny nástrojov pri obrábaní disku: DISK 11.

Označenie nástroja	Otočenie reznej doštičky, cena na dávku [€]			Výmena reznej doštičky, cena na dávku [€]		
	900	1100	Úspora	900	1100	Úspora
SNMG 190612-KM; T 3225	89,4	137,08	47,68	38,7	59,34	20,64
HNMG 050408 GU; TT 7015	112,2	172,04	59,84	30,6	46,92	16,32
CNMG 190612E-RM; T9325	11,7	17,94	6,24	11,7	17,94	6,24
DNMG 150404E-M; T9325	15	23	8	15,3	23,46	8,16
	V 80 R			V 80 R		
CNMG 190612E-RM; T9335	84,15	84,15		84,15	84,15	
N123J2-0600-RM 3115	23,38	23,38		70,13	70,13	
HNMG 050408 GU; TT 7015	0	0		0	0	
DNMG 150604E-M; T9325	32,45	32,45		33	33	
	368,3	490,0	121,8	283,6	334,9	51,4

Cena otočenia/výmeny nástrojov pri obrábaní disku: DISK 55.

Označenie nástroja	Otočenie reznej doštičky, cena na dávku [€]			Výmena reznej doštičky, cena na dávku [€]		
	900	1100	Úspora	900	1100	Úspora
CNMG 190612E-RM; T9310	7,5	11,5	4	8,1	12,42	4,32
CNMG 160616 RH; WP15CT	54	82,8	28,8	54	82,8	28,8
CNMG 160612 RH; WK20CT	17,1	26,22	9,12	17,1	26,22	9,12
DNMG 150404 ML;WK20CT	7,8	11,96	4,16	8,1	12,42	4,32
HNMG 050408 GU; TT 7015	47,4	72,68	25,28	13,5	20,7	7,2
	V 80 R			V 80 R		
CNMG 190612 RM; T9315	61,88	61,88		61,88	61,88	
DNMG 150604E-M; T9325	6,88	6,88		7,43	5,68	
N123J2-0600-RM 3115	11	11		33	33	
	213,6	284,9	71,4	203,1	255,1	53,8

Cena otočenia/výmeny nástrojov pri obrábaní disku: DISK 66.

Označenie nástroja	Otočenie reznej doštičky, cena na dávku [€]			Výmena reznej doštičky, cena na dávku [€]		
	900	1100	Úspora	900	1100	Úspora
CNMG 160612 KR; T3205	54	82,8	28,8	54	82,8	28,8
CNMG 190612E-RM; T9310	15	23	8	15,3	23,46	8,16
DNMG 150604E-M; T9325	14,4	22,08	7,68	14,4	22,08	7,68
DNMG 150608E-M; T9325	33,9	51,98	18,08	34,2	52,44	18,24
CNMG 190612E-RM; T9335	90	138	48	90	138	48
CNMG 190612E-RM; T9310	24,6	37,72	13,12	25,2	38,64	13,44
N123J2-0600-RM 4325	25,8	39,56	13,76	77,4	118,68	41,28
DNMG 150404E-M; T9325	54	82,8	28,8	54	82,8	28,8
	311,7	477,9	166,2	364,5	558,9	194,4

Cena otočenia/výmeny nástrojov pri obrábaní disku: DISK 33.

Označenie nástroja	Otočenie reznej doštičky, cena na dávku [€]			Výmena reznej doštičky, cena na dávku [€]		
	900	1100	Úspora	900	1100	Úspora
CNMG 160612 RH; WK20CT	297	455,4	158,4	297	455,4	158,4
HNMG 432 GU; TT7015	726	1113,2	387,2	198	303,6	105,6
CNMG 190612E-RM; T9325	59,4	91,08	31,68	59,4	91,08	31,68
DNMG 150404 ML; WK20CT	118,8	182,16	63,36	118,8	182,16	63,36
	V 80 R			V 80 R		
CNMG 190612E-RM; T9335	181,5	181,5		181,5	181,5	
N123J2-0600-RM 3115	51,98	51,98		155,93	155,93	
CNMG 190612E-RM; T9310	27,23	27,23		27,23	27,23	
DNMG 150604E-M; T9325	54,45	54,45		54,45	54,45	
	1516,4	2157,0	640,6	1092,3	1451,4	359,0

Tab. 21 Cena otočenia/výmeny nástrojov pri obrábaní disku: DISK 22.

Označenie nástroja	Otočenie reznej doštičky, cena na dávku v €			Výmena reznej doštičky, cena na dávku v €		
	900	1100	Úspora	900	1100	Úspora
CNMG 190612E-RM; T9325	16,2	24,84	8,64	16,2	24,84	8,64
DNMG 150604E-M; T9325	45	69	24	45	69	24
CNMG 190612E-RM; T9325	11,4	17,48	6,08	11,7	17,94	6,24
DNMG 150404E-M; T9325	11,4	17,48	6,08	11,7	17,94	6,24
	V80R			V80R		
CNMG 190612E-RM; T9335	51,7	51,7		51,98	51,98	
N123J2-0600-RM 4325	17,33	17,33		51,98	51,98	
CNMG 160612 KR; T3205	5,23	5,23		5,78	5,78	
DNMG 150604E-M; T9325	5,23	5,23		5,78	5,78	
	163,5	208,3	44,8	200,1	245,2	45,1