

ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA, O.P.S.

Studijní program: B6208 Ekonomika a management

Studijní obor: 6208R088 Podniková ekonomika a management provozu

Časová optimalizace kovací linky ve společnosti Škoda Auto

Václav Budín

Vedoucí práce: Ing. Josef Bradáč, Ph.D.

Tento list vyjměte a nahradte zadáním bakalářské práce

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury pod odborným vedením vedoucího práce.

Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a v práci jsem neporušil autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Mladé Boleslavi dne 5. 12. 2016

Děkuji Ing. Josefu Bradáčovi, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce, poskytování rad a informačních podkladů. Dále bych rád poděkoval svým kolegům z práce, především Petru Divišovi za cenné rady.

Obsah

Úvod	8
1 Charakteristika výrobního procesu	9
1.1 Struktura výrobního procesu	10
1.1.1 Věcná struktura výrobního procesu	10
1.1.2 Časové hledisko výrobního procesu	11
1.1.3 Prostorové a organizační uspořádání výrobního procesu.....	11
1.2 Hodnocení výrobního systému.....	14
2 Nástroje optimalizace výrobních procesů	16
2.1 Systém TPM.....	16
2.2 Systémy JIT a JIS	18
2.3 Systém Kanban.....	19
2.4 Ishikawa diagram	19
2.5 Analýza synchronizace práce.....	20
3 Technologie výroby polotovarů	21
3.1 Slévárenství	21
3.2 Tváření	22
3.3 Svařování	23
3.4 Pájení	24
4 Kovárna a kovací linka PK 1600 SDT	25
4.1 Popis výroby výkovků na kovací lince PK 1600 SDT	25
4.2 Řízení výrobního procesu kovací linky	28
4.2.1 Rotomat a systém Kanban	29
4.2.2 Využití systému TPM	30
4.2.3 Zhodnocení provedených opatření	31
4.2.4 Výměna nářadí při změně sortimentu	32
5 Časová optimalizace.....	34
5.1 Optimalizace systém Kanban.....	34
5.2 Doplnění rotomatu.....	35
5.3 Časová optimalizace výměny nářadí.....	35
5.4 Zhodnocení navrhovaných opatření	38
Závěr	40

Seznam literatury	41
Seznam obrázků a tabulek	42
Seznam příloh	43

Seznam použitých zkratk a symbolů

a.s.	akciová společnost
JIS	Just in Sequence
JIT	Just in Time
kN	Kilonewton
OEE	Overall Equipment Effectiveness
TPM	Total Productive Maintenance

Úvod

Tato práce je zaměřena na časovou optimalizaci kovací linky ve Škoda Auto a.s. Optimalizace výrobního procesu je nutná z důvodu stále se vyvíjejících výrobních technologií a systémů řízení, růstu požadavků na kvalitu a celkovou produkci. Kdyby se podniky nesnažily stále zlepšovat a optimalizovat dané výrobní procesy, tak by postupně ztrácely svou konkurenceschopnost.

Autor práce působí jako praktikant na kovárně ve společnosti Škoda Auto a.s. Je obeznámen s fungováním a řízením kovací linky a také si je vědom nedostatků, které se ve výrobním procesu vyskytují. Cílem této práce je důkladně analyzovat výrobní proces a na základě získaných poznatků navrhnout nápravná opatření ke zvýšení celkové efektivity výrobního zařízení.

V první části práce bude popsána základní teorie. Bude zde popsán výrobní proces a jeho charakteristiky. Dále se autor zaměří na základní systémy řízení výroby a na nástroje, kterými je možno odhalit problémy ve výrobním procesu a jejich hlavní příčiny. Následně bude čtenář seznámen se základními technologiemi výroby polotovarů.

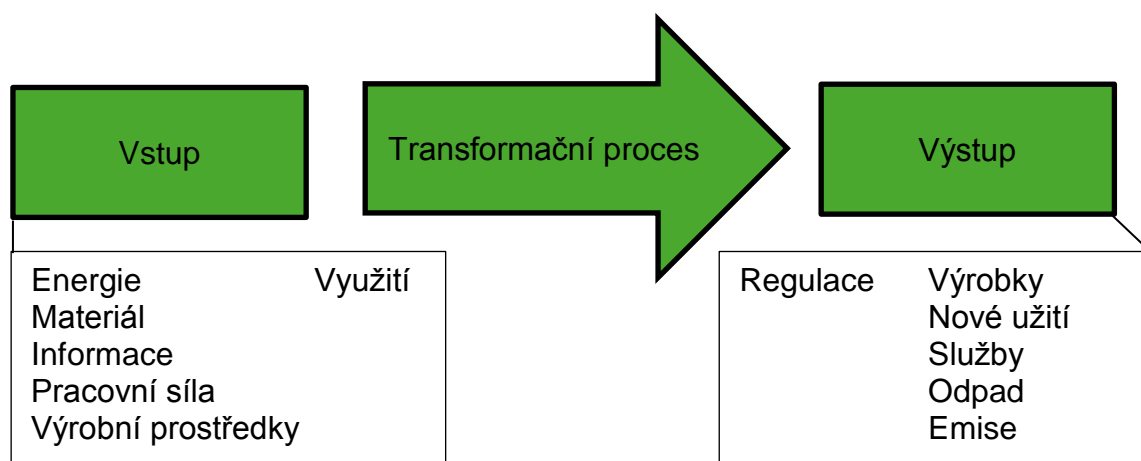
Ve druhé části práce se autor zaměří na konkrétní výrobní proces kovací linky. Budou uvedeny základní informace o kovárně i o samotné kovací lince. Následně bude podrobně popsán postup výroby hnacích a hnaných kol převodovky. Budou charakterizovány jednotlivé systémy řízení výroby a problémy, které ovlivňují daný výrobní proces. K analýze výměny nářadí při změně sortimentu bude vytvořen časový snímek, který by měl odhalit případné problémy prodlužující dobu výměny. V závěru, na základě získaných poznatků, budou navržena opatření, která povedou ke zvýšení úrovně celkové efektivity zařízení.

V práci jsou využity informace z knižních a internetových zdrojů, získané poznatky během praxe autora a také znalosti nabyté během studia na Škoda Auto Vysoké škole.

1 Charakteristika výrobního procesu

Cílem výroby je uspokojení zákazníků vyprodukováním věcných statků a služeb v dostatečném množství a ve správné kvalitě. Proto je výroba rozhodujícím článkem v hodnototvorném řetězci. Samotná výroba či takzvaný výrobní proces se dá charakterizovat jako cílevědomé užívání vstupních faktorů, které jsou transformačním procesem přeměněny v co nejkvalitnější výstupy. Na obrázku 1 je znázorněn transformační proces spolu s jednotlivými vstupy a výstupy, obecně znázorňuje to, co vše je potřeba k vytvoření cílového produktu či služby. Konkrétnější informace o tom, co jsou vstupy a výstupy, jsou napsány níže pod obrázkem 1.

(Tomek, Vávrová, 2014)



Zdroj: Integrované řízení výroby (str. 26)

Obr. 1 Transformační proces

Vstupy a výstupy transformačního procesu

Reálně je transformační proces mnohem složitější a to zejména v oblasti týkající se jednotlivých vstupů a výstupů.

Vstupy jsou veškeré výrobní faktory ovlivňující transformační proces. Dle Gutenberga se vstupy dají členit do dvou skupin, jedná se o elementární a dispoziční vstupy.

Elementární vstupy se dále dělí na potenciální a spotřební vstupy. Potenciální vstupy jsou výrobní prostředky, pracovní síla, ale také například budovy, pozemky nebo dopravní prostředky. Spotřebními vstupy jsou materiály, polotovary, díly aj. Druhou skupinou jsou tzv. dispozitivní vstupy, což jsou řídicí prvky neboli management výroby, do této druhé skupiny řadíme i know-how.

(Tomek, Vávrová, 2014)

Výstupy jsou jakékoliv produkty vzniklé transformačním procesem. Dělí se na hmotné a nehmotné. (Tomek, Vávrová, 2007) Do hmotných výstupů patří například součástky, polotovary, sestavy nebo finální výrobek, za hmotné výstupy se považují dále i emise, chybně vyrobené díly a také odpad. Nehmotnými výstupy jsou veškeré služby, know-how, nové technologie a softwary.

Fáze výrobního procesu

Na výrobní proces je nutné nahlížet mnohem komplexněji, protože výsledný produkt není ve většině případů vyroben naráz, ale skládá se z jednotlivých dílů, podsestav a sestav. Proto se výrobní proces zpravidla dělí do tří fází: Předzhotovující, zhotovující a dohotovující. Nejprve jsou ze základních materiálů a surovin vytvořeny jednotlivé díly. Tyto díly se vyrábí základními technologiemi jako je obrábění, tváření a podobně. Ve druhé fázi se skládáním jednotlivých dílů zhotovují podsestavy a sestavy. Až posléze přichází na řadu poslední fáze výrobního procesu, a to výroba finálních produktů, které naplňují požadavky zákazníka.

(Tomek, Vávrová, 2014)

1.1 Struktura výrobního procesu

Aby byl výrobní proces efektivní, je třeba tento proces analyzovat, hodnotit a optimalizovat. Předmětem zkoumání výrobního procesu jsou především tři hlediska, věcná, časová a prostorová struktura výrobního procesu.

1.1.1 Věcná struktura výrobního procesu

Nejprve si podnik musí ujasnit své výrobní možnosti, tzv. výrobní profil. Většina firem nikdy nevyrábí vše, co potřebují k vytvoření svých produktů. V průmyslově vyspělých zemích se firmy snaží řídit principem *make or buy*, který se dá přeložit takto: „*nevyráběj to, co jiný umí udělat lépe a co můžeš nakoupit levněji jinde.*“ (Keřkovský, 2009, str. 12). Tento princip vede k lepší flexibilitě a ke snižování

nákladů. Dále oblast výroby musí zajistit, že bude naplněn výrobní plán. K tomu napomáhají technologické procesy, tedy procesy spojené přímo s výrobou, a netechnologické procesy, což je například doprava materiálů a polotovarů mezi jednotlivými pracovišti nebo také zkoušky kvality výrobků. K ujasnění a popisu všech úkolů, výrobních časů a posloupností operací slouží technologický postup. Ten vytváří většinou technologové a specialisté. Ve složitějších technologických postupech bývá uveden například i seznam použitelného nářadí, materiálu nebo ochranných pomůcek.

1.1.2 Časové hledisko výrobního procesu

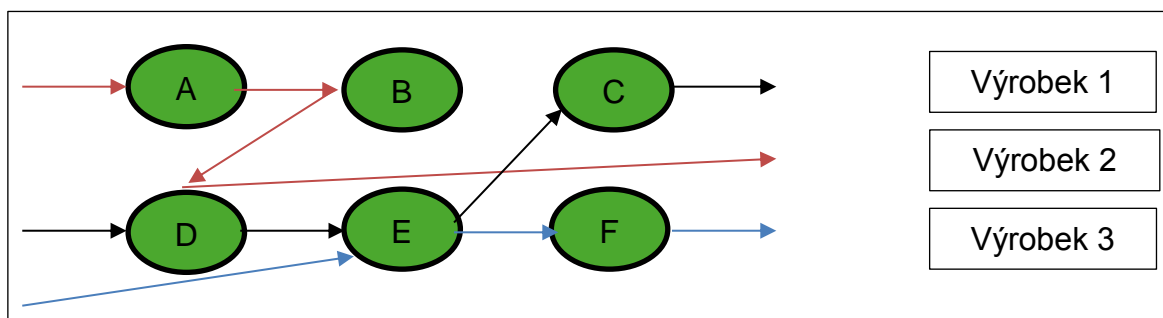
Aby byl proces plynulý, je nutné znát všechny časy, které mají na výrobu vliv. To znamená nejenom časy výroby na jednotlivých pracovištích, ale i mnoho dalších. Časové uspořádání výrobního procesu tkví v nastavení posloupnosti jednotlivých operací, včetně průběžných dob výrob. Průběžná doba výroby je čas potřebný na dokončení určité operace či části výroby. Dále jsou významné výrobní dávky, tedy množství výrobků, které se má v určité době vyrobit.

Cílem výroby je stoprocentní naplnění disponibilních výrobních kapacit, což je v praxi nereálné, zejména kvůli prostojům. Prostoje jsou časové úseky, kdy je pracovní proces z nepředpokládaných důvodů pozastaven. Bývá tomu tak především kvůli poruchám strojů a chybám pracovníků, ať řídicích nebo obslužných. Cílem je minimalizace výskytu těchto prostojů, případně zkracování délky jejich trvání. K vyššímu naplnění výrobních kapacit přispívá vysoká směnnost. Dalším cílem výroby je minimalizace rozpracované výroby, tedy minimalizace peněžních prostředků vázaných ve výrobních prostředcích v samotném výrobním procesu. Určitá míra rozpracované výroby je ale nutná, jelikož slouží jako rezerva zajišťující stabilitu systému.

1.1.3 Prostorové a organizační uspořádání výrobního procesu

Aby byl výrobní proces efektivní a nedocházelo k prostojům kvůli prodlevám při přesunu materiálů a součástí na jednotlivá pracoviště, musí být pracoviště uspořádána tak, aby na sebe navazovala a byla, pokud možno, co nejbližší u sebe. U materiálových toků je tedy nejdůležitější vzdálenost, rychlost a plynulost přepravy. Co se týče uspořádání pracovišť, tak záleží na typu jednotlivých výrobních procesů. Rozlišují se především čtyři druhy uspořádání, jedná se o uspořádání pracovišť

s pevnou pozicí výrobku, buňkové, technologické a předmětné uspořádání. Při uspořádání pracovišť s pevnou pozicí výrobku se daný produkt vyrábí na jednom místě, přičemž se pracovníci a stroje dle potřeby přesouvají na dané pracovní místo. Při buňkovém uspořádání se vytváří skupiny (buňky) pracovišť, na kterých se provede více operací bez nutnosti přepravy. Pro lepší pochopení jsou schematicky znázorněna technologická a předmětná uspořádání na obrázku 2 a 3.

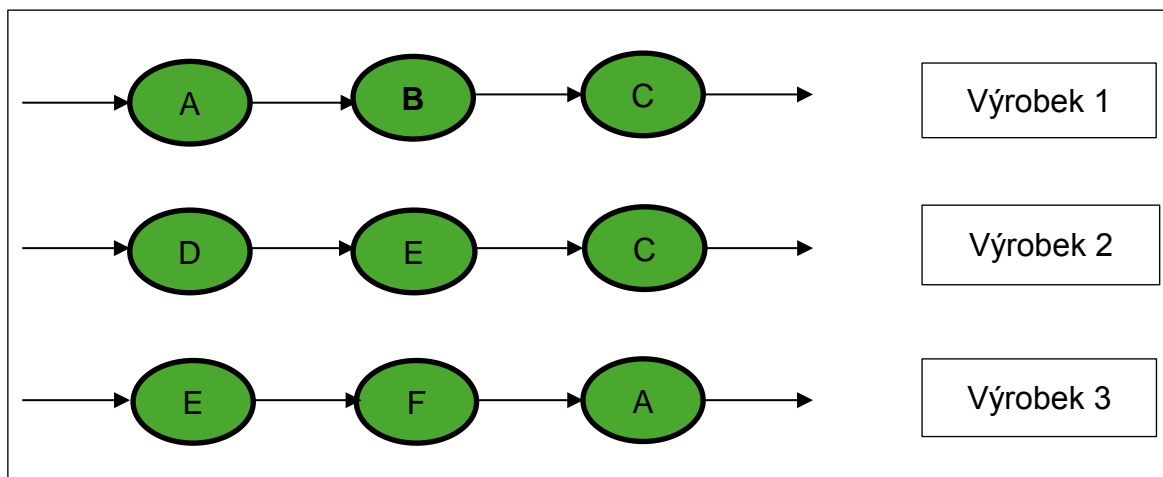


Zdroj: Moderní přístupy k řízení výroby

Obr. 2 Technologické uspořádání výroby

Při technologickém uspořádání jsou pracoviště srovnána dle druhu stroje. To znamená, že na obrázku 2 jsou znázorněna pracoviště stejného druhu A, B a C, například soustruhy, a pracoviště D, E a F mohou být například frézy. Výrobek se přesouvá mezi jednotlivými pracovišti, a jak lze vidět i na obrázku, tak při tomto druhu uspořádání dochází k poměrně složitým přesunům daného výrobku mezi pracovišti.

Naopak při předmětném uspořádání jsou pracoviště srovnána podle toho, jak na sebe navazují jednotlivé operace. Vzdálenost jednotlivých pracovišť je minimální, což umožňuje rychlou a plynulou mezioperační dopravu. Schéma předmětného uspořádání pracovišť je znázorněno na obrázku 3.



Zdroj: Moderní přístupy k řízení výroby

Obr. 3 Předmětné uspořádání výroby

Každý typ uspořádání má své výhody a nevýhody, které jsou znázorněny v tabulce číslo 1.

(Keřkovský, 2009)

Tab. 1 Výhody a nevýhody jednotlivých uspořádání pracovišť

	Fixed position	Process layout	Cell layout	Product layout
Výhody	Velmi vysoká výrobová flexibilita Odpadá manipulace s výrobkem (zákazníkem)	Vysoká výrobová flexibilita Snadná kontrola výroby	Rychlý průchod Dobré podmínky pro personál	Nízké jednotkové náklady Specializace zařízení a personálu Vysoká produktivita
Nevýhody	Vysoké jednotkové náklady Plánování operací může být obtížné	Nižší využití výrobních zdrojů (rozprac. výroba) Komplikované toky materiálů	Při změnách může být velmi nákladné Potřeba prostoru vyšší	Nepružnost Malá odolnost proti poruchám Neatraktivní charakter práce

Zdroj: Moderní přístupy k řízení výroby (str. 17)

1.2 Hodnocení výrobního systému

Výrobní systém se dá charakterizovat jako soubor technických prostředků, se kterými lidé pracují dle jasně daných postupů a návodů s cílem vytvářet kvalitní produkty. Celý výrobní systém se dá charakterizovat dle mnoha kritérií. Právě díky těmto charakteristikám je možné říci, zda bude systém vhodný. Nejvýznamnějšími charakteristikami jsou kapacita a elasticita výrobního systému.

Kapacita

Výrobní kapacita představuje nejvyšší možný počet výkonů, kterého lze dosáhnout na výrobním zařízení, za přesně určený čas a při dodržení nastavených podmínek. Jednotkou výkonu bývají například kusy, litry nebo tuny, podle toho o jaký výrobek se jedná. Pojem výrobní zařízení znamená jakoukoliv výrobní linku, dílnu apod. Kapacita se počítá na určité časové úseky, zejména na délku směny, měsíce či roky. Důležitá je i kapacita pracovní síly, tedy doba, po kterou je pracovník schopen odvádět nejvyšší výkony. Tato doba je u každého pracovníka jiná a je ovlivňována mnoha faktory, jako je například psychické a fyzické rozpoložení pracovníka. V praxi se k těmto hlediskům příliš nepřihlíží a jako kapacita pracovní síly se počítá čas, který pracovník na pracovišti stráví, tedy čas určený pracovní dobou. Ani tato doba není přesná, protože v praxi dochází ke ztrátám zkracujícím tuto dobu. Může se jednat o ztráty z důvodu poruchy a opravy stroje, zdravotní indispozice pracovníka, údržby strojů apod. Je také nutné stanovit firemní koncepci údržby, což je určitá strategie firmy, určující, kdy se bude údržba provádět a jak dlouho bude trvat.

(Tomek, Vávrová, 2014)

Celková výrobní kapacita se počítá jako součin využitelného časového fondu a normy výkonu nebo jako podíl využitelného časového fondu a normy pracovní doby. (Svobodová, Mejdrech 2010)

Elasticita výrobního systému

„Elasticitou rozumíme přizpůsobivost, přestavitelnost či pohyblivost výrobní jednotky, resp. výrobního systému při změně pracovních úkolů.“ (Tomek, Vávrová, 2014, str. 31). Na elasticitu se v tomto případně dá pohlížet z kvalitativní a z kvantitativní stránky.

Kvalitativní elasticita je schopnost výrobního systému měnit druhy použití. Dle toho můžeme dělit výrobní prostředky na speciální, které jsou schopny vyrábět pouze jeden typ výrobku, a na univerzální, které naopak mohou zpracovávat celou řadu různých typů výrobků.

Kvantitativní elasticita znamená způsobilost výrobního systému ke změně sortimentu výroby či k její velikosti objemu. Rozlišuje se intenzivní, časové a průřezové přizpůsobení. Intenzivní přizpůsobení je schopnost provádět jednotlivé operace různými rychlostmi. Časové přizpůsobení je čas, za který je výrobní systém schopen pokračovat v práci po změně úkolů.

Kvantitativní elasticita je tedy doba, potřebná k přestavení pracoviště tak, aby mohlo vykonávat jiné výrobní úkoly. Tato doba se také nazývá rychlost přizpůsobení.

(Tomek, Vávrová, 2014)

2 Nástroje optimalizace výrobních procesů

Výrobní procesy musí být plynulé a efektivní. Existuje celá řada nástrojů a systémů, které se zabývají řízením lidí, odstraňováním prostojů a optimalizací materiálových toků, pracovišť a pracovních zařízení. Mezi nejvyužívanější systémy řízení výroby patří především metody TPM, JIT, JIS či Kanban. Důležité je také odhalit nejzávažnější problémy, k čemuž slouží například Ishikawa diagram nebo analýza synchronizace práce.

2.1 Systém TPM

Komplexní produktivní údržba, neboli TPM, je systém, který vyvinul Seichi Nakajima. Hlavním cílem TPM je co nejvyšší efektivita strojů po celou dobu jejich životnosti. Tento systém nezapojuje do udržování stroje pouze samotný útvar údržby, ale i samotné pracovníky obsluhující dané výrobní zařízení. Právě tito pracovníci nejlépe znají správný chod daného stroje (zvuk, vzhled či správnou kvalitu výrobku atd.) a mohou tak jako první odhalit různá menší poškození, čímž lze předejít daleko závažnějším problémům v budoucnu. Právě proto tito pracovníci provádějí takové práce, jako je čištění stroje, kontrola a případné menší opravy, zatímco samotný útvar údržby pak zajišťuje podrobnější kontroly a náročnější opravy. Systém TPM se nezabývá pouze stroji, dbá také na to, aby bylo dané pracoviště bezpečné, efektivní a aby se v něm pracovníci cítili dobře. Dále se tento systém zaměřuje na snižování krátkodobých prostojů nebo také na zkrácení doby potřebné k výměně sortimentu. Důležitým faktorem je zde spolupráce v týmu a spolupráce s ostatními týmy, které by měly být ve všech úrovních vedeních.

TPM se snaží snížit všechny prostoje tím, že se zaměřuje na jejich příčiny. Procentuální příčiny prostojů jsou znázorněny v tabulce číslo 2.

Tab. 2 Příčiny prostojů

Opotřebení (25 %)	Člověk (33 %)	Znečištění (42 %)
Tření	Chybné chování	Prach
Opotřebení	Neznalost	Třísky
Teplota	Nedostatečný trénink	Zalepení
Tlak	Žádná motivace	Kyselost/ Zásaditost
Lomy	Bezmyšlenkovitost	Laky/ Olej/ Mazivo

Zdroj: Management a inženýrství údržby (str. 140)

Celá filosofie je postavena na 5 pilířích, dle kterých je třeba se řídit, aby TPM plnilo svou funkci. Tyto pilíře zní následovně (Legát a kol. 2013):

- Hodnocení celkové efektivity strojů a zařízení
- Autonomní údržba
- Plánovaná údržba
- Systém pro návrh preventivní údržby a včasný management zařízení
- Trénink pro zlepšení zručnosti pracovníků

V rámci prvního pilíře se pomocí ukazatele OEE hodnotí celková efektivnost zařízení a následně se zamezuje šesti hlavním druhům plýtvání, tj. prostojům, ztrátám při výměně sortimentu, neshodným výrobkům apod. Za tyto činnosti jsou zodpovědní víceméně všichni pracovníci, kteří se podílí na výrobním procesu.

Za autonomní údržbu jsou zodpovědní pracovníci obsluhující dané výrobní zařízení. Jejich úkolem je rozeznat, kdy stroj pracuje správně a kdy nikoliv. Dále provádějí pravidelné kontroly a čištění stroje. V neposlední řadě kontrolují, zda jsou výrobky vyrobeny ve správné kvalitě.

Třetím pilířem je plánovaná údržba, kterou má na starost oddělení údržby. Ta má za úkol analyzovat data z výrobního procesu a na základě nich předpovídat životnost součástí a slabá místa v procesu, která se snaží odstranit. Je důležité si stanovit priority a časový harmonogram údržby.

V rámci čtvrtého pilíře se vytváří výrobní postupy a plány, jakým způsobem se bude postupovat v určitých situacích, sledují se náklady, plánují opravy apod. Za pátý pilíř zodpovídá především oddělení vzdělávání, které má za úkol naučit pracovníky všechny potřebné znalosti k jejich pracovnímu zařazení.

Zavedení TPM umožňuje zvýšit konkurenční schopnost tím, že bude docházet ke zkrácení výrobních časů a prostojů, ke snižování nákladů nebo také ke zkvalitnění procesů i samotných výrobků. Dále po zavedení TPM dochází ke zlepšení pracovní morálky jednotlivých pracovníků. Systém TPM nelze zavést ze dne na den, ale trvá přibližně půl roku, než se začnou objevovat výsledky. V prvních třech měsících se

práce soustředí na úklid a čistotu pracovišť. V dalších třech měsících se vytváří technická dokumentace, předpisy apod.

(Legát a kol. 2013)

2.2 Systémy JIT a JIS

Systém JIT je zaměřen na materiálové hospodářství. Materiál je dodáván ve správném množství, ve správné kvalitě a ve správný čas. To znamená, že dodávky materiálu se přesně řídí výrobním programem a materiál přichází až v momentě, kdy je skutečně potřeba. Díky tomu dochází ke snižování nákladů na skladování, ke zkrácení průběžné doby výroby a k úspoře času spojené se skladováním a dodáním materiálu. Tento systém má i svá rizika. Podnik nemá pojistné zásoby, což může vést k zastavení samotné výroby, pokud dodavatel nebude schopen dodat potřebný materiál včas. Dalším problémem pak může být vzdálenost dodavatele, protože i když dodavatel vyše zboží na cestu včas, tak se může stát, že během cesty dojde k nějakým komplikacím, které nemůže nikdo předpokládat, a materiál tak bude dodán se zpožděním.

Existují dvě odlišné strategie, kterými se může podnik řídit. První je tržní strategie, při které se vyberou nejkvalitnější dodavatelé. Množství a počet variant může kolísat, ale odběratel vyvíjí produkt a řídí výrobu, aniž by potřeboval odsouhlasení dodavatele. Druhá je kooperativní strategie, při které naopak dochází ke vzájemné komunikaci mezi odběratelem a dodavatelem. Odběratel tak s dodavatelem řeší, jak samotný vývoj produktu, tak i řízení výroby a určitou míru předzásobení.

Systém JIS je založen na stejných principech jako systém JIT, s tím rozdílem, že uvažuje i s různými variantami daného produktu, například s různým barevným provedením nebo s různým materiálem. Montážní linky vyrábí produkty dle požadavků svých zákazníků, proto je nutné, aby jednotlivé díly přišli nejen ve správném množství, kvalitě a čase, ale také ve správném pořadí. Tím se pak zabrání tomu, že zákazník požaduje například dané auto s černými koženými sedačkami, a dostane auto s koženými sedačkami, ale v červené barvě. To samozřejmě není možné a právě systém JIS tento problém odstraňuje.

(Tomek, Vávrová. 2014)

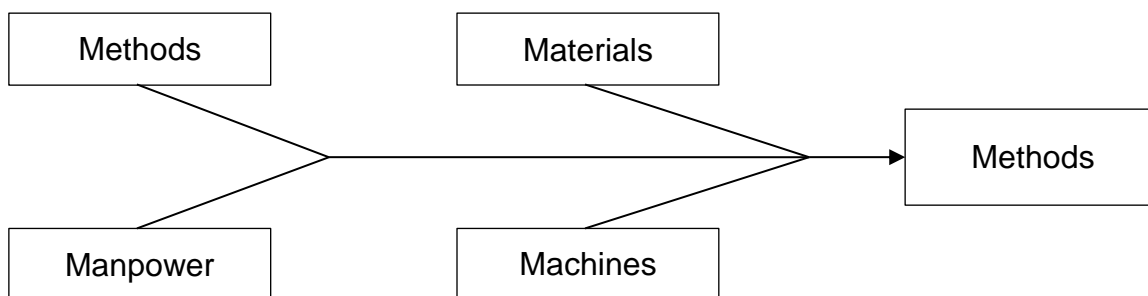
2.3 Systém Kanban

Tento systém je jakýsi informační systém, který by měl zajistit plynulost výroby. Kanban je japonské slovo, které doslova znamená "štítek", právě na tomto štítku jsou napsané všechny informace, které daný pracovník potřebuje znát. Existují štítky dvojího druhu, tzv. výrobní a dopravní kanbany. Systém funguje tak, že pracoviště jsou rozdělena na nakupující a na prodávající. Kupující jsou ta pracoviště, která odebírají výrobky z předešlého pracoviště, tedy prodávajícího. Nejprve kupující odešle výrobní kanban, což je pokyn pro prodávajícího, aby začal vyrábět dané výrobky či komponenty. Je určené množství i termín dodání. Po dokončení všech výrobků pošle prodávající výrobky kupujícímu pomocí dopravního kanbanu. V daném systému je jen určitý počet karet, díky čemuž může podnik kontrolovat rozpracovanost výroby. Aby tento systém fungoval, je nutné dodržovat řadu pravidel, z nichž nejdůležitější je to, že pracovník nesmí začít vyrábět dřív, než dostane výrobní kanban.

(Heřman, 2001)

2.4 Ishikawa diagram

Ishikawa diagram není nástrojem pro řízení výroby, ale slouží jako vhodný prostředek k odhalování zásadních problémů ve výrobním systému. Tento diagram je pojmenovaný po svém tvůrci Kaoru Ishikawovi. Tento japonský profesor, spisovatel a odborník na kvalitu se narodil roku 1915 v Tokyu. Nejvíce je známý právě pro svůj diagram příčin a následků, zvaný také diagram rybí kosti. Pomocí tohoto diagramu se zjišťují nejvýznamnější příčiny zkoumaného problému. Ishikawa určil čtyři základní vstupy a to lidské zdroje, stroje a vybavení, materiál a také používané postupy a metody. Tento diagram většinou tvoří jeden člověk, ale pracuje se v týmech a mohou se zapojit všichni pracovníci ovlivňující nějakým způsobem daný projekt. Každý člen týmu řekne možnou příčinu a následně se všechny tyto příspěvky roztřídí do skupin. Když je diagram hotov, zjišťuje se, jaké příčiny jsou nejčastější. K tomu se může využít například Paretův diagram znázorňující jednotlivé četnosti výskytů problému. Tvorba tohoto diagramu nejenom pomáhá identifikovat hlavní příčiny problému, ale také pomáhá všem pracovníkům lépe pochopit daný proces. Základní diagram rybí kosti je znázorněn na obrázku 4.



Zdroj: Quality & Safety in Health Care [online]

Obr. 4 Ishikawa diagram

2.5 Analýza synchronizace práce

Analýza synchronizace práce také není přímo nástrojem pro řízení výroby, ale díky ní je možné odhalit různé příčiny, kvůli kterým se nedosahuje požadované produktivity práce. Cílem této analýzy je nejen zkrácení průběžné doby výroby a zvýšení produktivity, ale také snížení námahy a zvýšení bezpečnosti práce. Nejdůležitější je správně odhalit formy plýtvání. Dle japonského principu Muda je sedm druhů plýtvání, zapříčiněných (Tomek, Vávrová. 2014):

- nadbytečnou prací,
- čekáním,
- dopravou,
- použitým zařízením,
- skladováním,
- pohyby pracovníka,
- výrobou zmetků.

Tyto druhy plýtvání pak lze odhalit pozorováním, tzv. pohybovými a posléze časovými studiemi. Tyto studie následně odhalí nevhodně rozvržená pracoviště, zbytečné pohyby pracovníků, čekání pracovníka na stroj či naopak, nevhodné náčiní a mnoho dalších problémů. Tyto studie se často zachycují na kameru nebo zapisují do příslušných formulářů. Po analýze dat získaných během studie je možné navrhnout nové pracovní postupy a zlepšit pracovní podmínky.

(Tomek, Vávrová. 2014)

3 Technologie výroby polotovarů

Výroba polotovarů je základem pro výrobu kvalitního finálního výrobku. Polotovar je jakýkoliv výkovek, vylisek, odlitek či svařenec. Výroba kvalitních polotovarů je velmi obtížná a proto náklady vynaložené na jejich výrobu mají podstatný vliv na finální cenu výrobku. K výrobě těchto polotovarů se využívají především technologie, jako je slévárenství, kování, svařování nebo také pájení.

Díky uvedeným technologiím získáme polotovary, které je ale ještě třeba upravit do výsledného tvaru. K tomuto účelu se využívá technologie obrábění. Odebíráním materiálu se obrobek formuje do výsledného tvaru. Existuje řada metod, jak výrobek obrobit. Mezi základní metody obrábění patří soustružení, vrtání, řezání, hoblování, frézování, obrázení či protlačování a protahování.

3.1 Slévárenství

Slévárenství je netřísková technologie. Zjednodušeně lze tuto technologii výroby polotovarů popsat takto: *„lítím roztaveného kovu, resp. slitiny kovů do dutiny slévárenské formy. Po vyplnění slévárenské formy taveninou a jejím ztuhnutím vzniká odlitek.“* (Vrabec a kol. 2015, str. 22)

Druhy slévárenství

Rozlišuje se hutní slévárenství a výroba tvarových součástí. Hutním slévárenstvím se vyrábí odlitky nazývané ingoty, které mohou vážit až 300 tun. Tavenina se nalévá do kovových forem, tzv. kokil. Následně se ingoty v kokilách přesouvají do stripovacích hal, kde je za pomoci speciálně upravených jeřábů ingot oddělen od kokily. Dále je oddělena hlava ingotů, kde jsou nashromážděny nečistoty, tzv. lunkr. Nakonec se ingot zahřeje v hlubinné peci na 1200°C a následně je válcováním vytvarován do výsledného profilu. Tyto profily nazýváme vývalky. Výrobou tvarových součástí jsou vyráběny tvarově složité výrobky, jako jsou například disky kol nebo bloky motorů.

Slévárenské formy

Slévárenské formy musí být vyrobeny ze žáruvzdorného materiálu. Mají dutinu, která odpovídá tvaru budoucího odlitku. Důležité je, jak dlouho daná forma vydrží, proto se rozlišují tři druhy forem a to (Vrabec a kol. 2015):

- **Trvalé** - kovové formy, tzv. kokily, jsou vyráběny z oceli třídy 17 a 19, případně z litiny s lupínkovým grafitem. Záleží na složitosti dutiny či typu odlévané slitiny, ale zpravidla tyto formy vydrží tisíce odlití. Kokily se dají plnit gravitačním i tlakovým způsobem.
- **Polotrvalé** - jsou vyráběny ze speciálních keramických materiálů. Vydrží přibližně 30 odlití.
- **Netrvalé** - tyto pískové formy jsou používány především v kusové výrobě a vydrží pouze jedno odlití.

3.2 Tváření

Je činnost, která pomocí vnějších sil nástroje přetváří materiál do požadovaného tvaru tak, aby nedošlo k jeho porušení. Je řada kritérií, podle kterých lze tvářecí procesy dělit. Dle teploty tváření se dělí následovně (Vrabec a kol. 2015):

- Za studena
- Za poloohřevu
- Za tepla

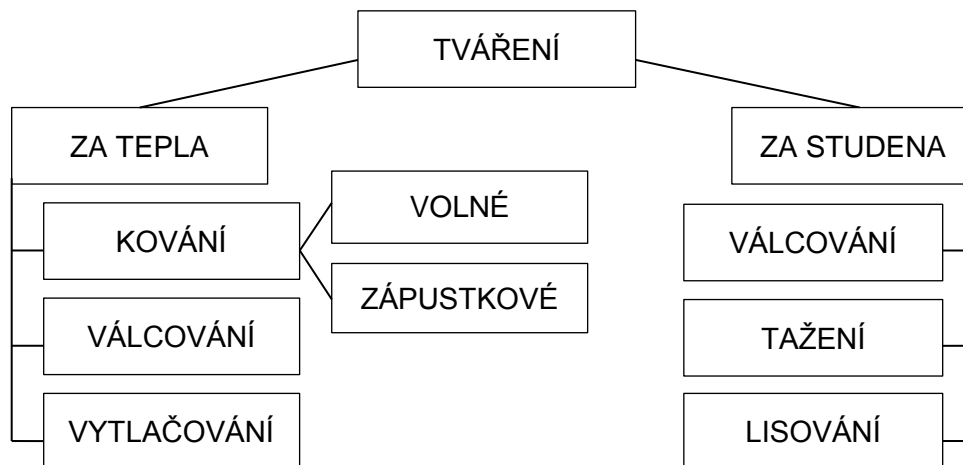
Dle typu deformace (Vrabec a kol. 2015):

- Plošné tváření (tváření plechů)
- Objemové tváření (volné či zápusťkové kování)

Dále se rozlišuje hutní a strojní tváření. Cílem hutního tváření je zkvalitnění mechanických vlastností a výroba polotovarů. Patří sem metody, jako je válcování, protlačování, volné kování nebo objemové tváření. Typickými výrobky hutního tváření jsou například tvarové vývalky, protlačky nebo tyče a trubky.

Cílem strojního tváření je určitá změna tvaru. Jako polotovar pro strojní tváření bývají často výrobky z hutního tváření. Strojní tváření lze dále dělit dle metod na plošné a objemové tváření. Mezi metody plošného tváření patří lisování, tažení, ohýbání aj. Metodami objemového tváření jsou pak například kování nebo protlačování.

Volba správné technologie tváření závisí především na velikosti, hmotnosti a složitosti požadovaného výrobku, důležitý je také druh tvářeného materiálu. Různé



Zdroj: Základy strojírenské výroby (str. 29)

Obr. 5 Technologie tváření

technologie tváření jsou znázorněny na obrázku 5. Dále existuje mnoho technologií lisování, jako je například stříhání, ohýbání, tažení nebo také ražení.

Polotovary, vyrobené tvářením, mají oproti ostatním polotovarům, vyrobených slévárenskou technologií či svařováním, mnoho výhod. Mezi hlavní výhody výkovků patří především přesný výsledný tvar a dobré mechanické vlastnosti. V porovnání s odlitky jsou výkovky pevnější, mají delší životnost a nižší výskyt vad, ať už povrchových či vnitřních. Na druhou stranu odlitky lze vyrábět ve větší škále tvarů i s vnitřními dutinami, což u výkovků není možné. Při cenovém srovnání sériové výroby výkovků a svařenců jsou na tom lépe zpravidla výkovky.

3.3 Svařování

Svařování je proces, při kterém je vytvořen svarový spoj mezi dvěma díly. Při každém svařování dochází k teplotnímu a deformačnímu působení na základní materiál. Svařovat lze kovové i některé nekovové materiály, například hutní polotovary, jednotlivé výkovky a odlitky. Rozlišují se dvě základní metody svařování dle podmínek vzniku svaru, tavné a tlakové svařování.

U tavného svařování dochází k tavení kovu bez tlakového působení. Při této metodě se většinou užívá přídavný materiál. Existuje mnoho technik, jak se tavné svařování provádí, jedná se o svařování plamenem, elektrickým obloukem nebo například laserem.

Naopak u tlakového svařování se svar vytvoří plastickou deformací svarových ploch. I zde se využívá teplo, ale nedosahuje se teploty tavení. Mezi techniky tlakového svařování patří například svařování tlakem za studena či pod teplotou tavení, třecí svařování nebo také svařování výbuchem.

3.4 Pájení

Tímto způsobem se neoddělitelně spojují kovové i nekovové materiály. Ke spojení dojde díky třetímu kovu, který se nazývá pájka. Při pájení zůstává základní materiál v tuhém stavu a taví se pouze pájka. Pájka a pájené plochy jsou zahřáty pájedlem, což může být například plamen, plynové či elektrické pece, elektrický proud či solná lázeň. Pájení je vhodné pro tvorbu spojů, zacelování trhlin, ale také k úpravě tvarů a pokrývání povrchů pájených materiálů a dílů. Existují dva druhy pájek a to měkké a tvrdé. Měkké pájky se využívají tam, kde nejsou třeba tak pevné spoje a u materiálů, které se nemohou příliš ohřívat. Naopak tvrdé pájky se využívají tam, kde jsou třeba velmi pevné spoje. Hlavní výhodou pájení oproti sváření je to, že netaví základní materiál a tím nemění jeho vlastnosti. Na druhou stranu, svářením vytvoříme daleko pevnější spoje.

(Vrabec a kol. 2015)

4 Kovárna a kovací linka PK 1600 SDT

Kovárna je součástí továrny Škoda Auto a.s. od roku 1898. Nová hala pro kovárnu a slévárnu byla postavena v roce 1963 a nese označení H, konkrétně kovárenská hala je označena jako hala H2. Kovárna se přibližně rozprostírá na ploše 9000 m² a zaměstnává více než 250 pracovníků.

Vyrábí se zde:

- klikové a vačkové hřídele,
- pastorky, hnací a hnané hřídele,
- hnací a hnaná kola,
- tažné zařízení.

Celkově se zde vyrábí 60 různých druhů výrobků pro motory a převodovky. Ročně se zde vyprodukuje přibližně 15 milionů výrobků. Kovárna by nemohla fungovat bez kvalitního metalurgického nářadí. To pro kovárnu vyrábí především závod pro výrobu nářadí sídlící přímo v areálu.

Kovací linka PK 1600 SDT je součástí kovárny od dubna roku 2014. V současné době je schopna kovat 20 typů hnacích a hnaných kol pro převodovky MQ 100, MQ 200 a DQ 200. Na rok 2017 se připravuje nové nářadí pro další typy výkovek. Součástí této kovací linky je základací materiálový bunkr, induktor, transferový kovací lis, pec, tryskač, váha, řada dopravníků a také manipulační zařízení s vozíkem na výměnu nástroje. Jmenovitá lisovací síla lisu je 16 000 kN a takt 25 - 35 kusů za minutu. Dle typů kovaných dílů se odvíjejí parametry jednotlivých periférií kovací linky.

4.1 Popis výroby výkovek na kovací lince PK 1600 SDT

V první fázi se musí připravit materiál. Ten přijde z oceláren v podobě dlouhých tyčí, které se následně musí nařezat pomocí strojové kotoučové pily. Pro každý díl se používá materiál s odlišnou hmotností a délkou. Materiál nařezaný kotoučovou pilou se uskládá do kovárenských palet, které se následně převezou a uloží na příslušné skladovací ploše u kovací linky.

Prvním krokem samotné výroby na kovací lince je vložení kovárenských palet s nařezaným materiálem do základacího materiálového bunkru. Materiál není nutné

nijak třídit, protože dochází k automatickému setřídění pomocí podavačového systému. Z bunkru tedy už materiál, který je v potřebné poloze, pokračuje přes dopravník do induktoru, kde dochází k ohřevu na teplotu 1240°C. Na výstupu z induktoru je umístěno čidlo pro měření teploty, které dává signál, pokud není dosaženo požadované teploty. Dále materiál pokračuje přes tří-dráhovou výhybku, která třídí materiál dle teploty. Tato výhybka vyřadí materiál, který nedosahuje požadované teploty do jedné palety a materiál, který naopak převyšuje požadovanou teplotu do druhé palety. Materiál s nedostatečnou teplotou se může znovu vložit do bunkru. Pouze materiál, který je správně ohřátý, pokračuje přes výhybku do vodícího žlabu a následně do lisu.

V lisu je materiál, pomocí pěti operací, vytvarován do požadovaného tvaru. Při první operaci, tzv. oklepu, dochází k formování materiálu do základního kruhového tvaru. Díky této operaci je výkovek zbaven povrchových okují. Během druhé a třetí operace se postupně výkovek tvaruje. Ve čtvrté, dokončovací, operaci dochází ke kalibraci, tedy k vytvoření konečného tvaru výkovku. Poslední operací je děrování, kde dochází k odstranění přebytečného materiálu. Na obrázku 6 jsou znázorněny tvary výkovků po jednotlivých operacích.



1. operace



2. operace



3. operace



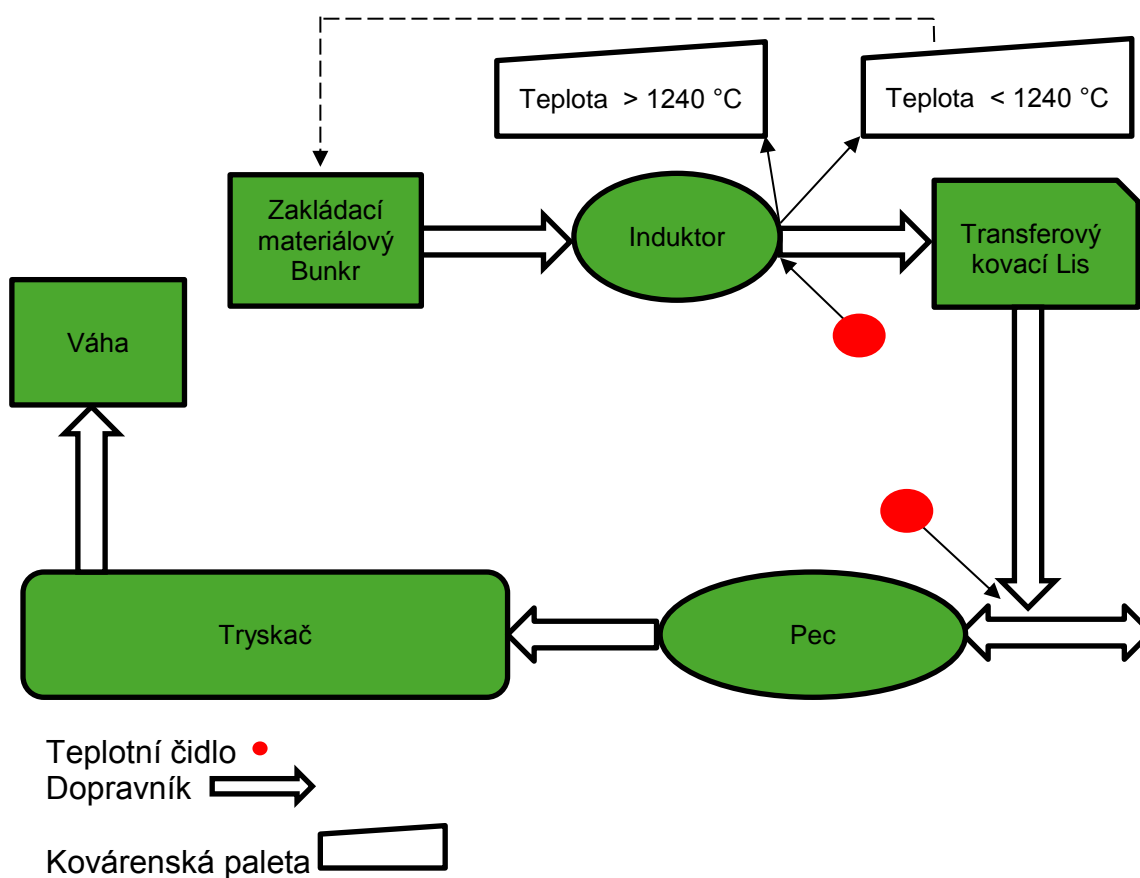
4. operace



5. operace

Obr. 6 Operace kování

Každý typ výkovku má vlastní sadu skládaného kovacího nářadí. Mezi jednotlivými operacemi je díl přesouván pomocí transferových podávacích lišt. Aby bylo dosaženo požadované životnosti nářadí, je nutné nářadí kvalitně mazat a chladit. K tomu dochází pomocí mazadla, které je nastříkáváno na nářadí v každém kroku kování. Na každou operaci je použito odlišné množství nastříkovaného mazadla. Správná teplota je kontrolována pomocí termokamery, a pokud je nutné, tak ji obsluha lisu může optimalizovat. Na výstupu z lisu operátor kovací linky kontroluje výkovek dle technického postupu. Dále je díl přepravován a zároveň chlazen na teplotu 650°C pomocí šikmého dopravníkového pásu, který vede do pece. Před vstupem do pece je opět umístěno teplotní čidlo, které hlídá správnou teplotu výkovku. V peci je teplota 630°C a díly jsou zde přibližně 20-30 minut, čímž se dosahuje požadované materiálové struktury a vlastností daných výkovků. Dále se díl přes další dopravník přesune do tryskače, kde se na výkovky metají ocelová abraziva, čímž se dosáhne odstranění okují. Z tryskače již hotové díly míří přes dopravníkový pás na váhu, odkud jsou následně odvezeny do skladu a nakonec k zákazníkovi. Na obrázku 7 je znázorněno zjednodušené schéma kovací linky.

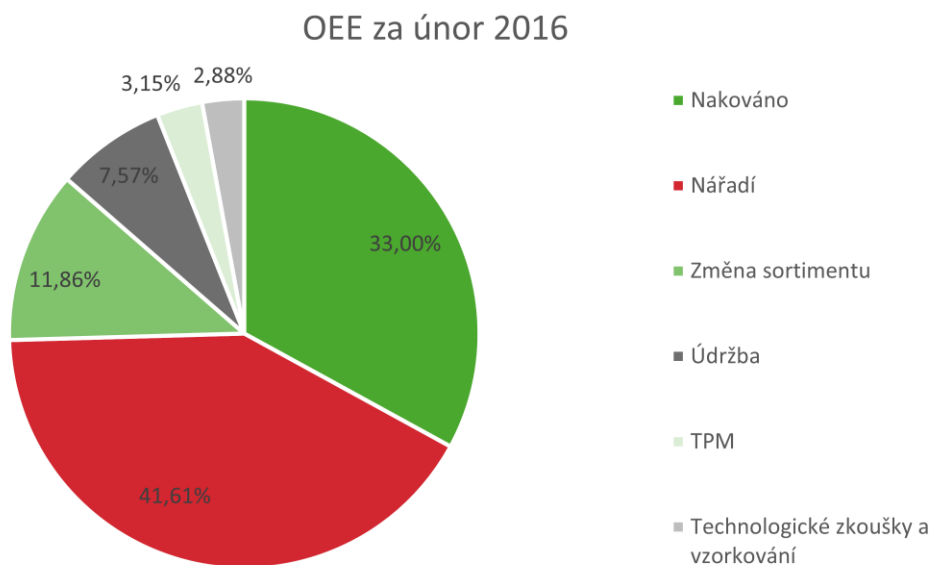


Obr. 7 Kovací linka PK 1600 SDT

4.2 Řízení výrobního procesu kovací linky

Aby bylo možné výrobu efektivně řídit, musí být k dispozici komplexní data z výrobního procesu. Pro celou kovárnu je vytvořen program, nazývaný KOVNAR. Prostřednictvím tohoto programu mohou uživatelé objednávat nebo také odepisovat kovací nářadí, zadávat a sledovat výrobní dávky, sledovat prostoje či počty vyrobených kusů na jednotlivých nářadích. Díky tomuto programu mají uživatelé přehled o počtech kusů na skladě či v meziskladě, ve výrobě a případně také na renovaci. Uživatelům jsou tak poskytnuty aktuální informace o výrobním procesu a mohou tak efektivně celý proces výroby řídit.

Právě díky informacím obsaženým v tomto programu lze vypočítat OEE, což je jeden z hlavních ukazatelů výroby. Tento ukazatel znázorňuje procentuální poměr vyrobených kusů a prostojů. Na obrázku 8 je znázorněno OEE kovací linky PK 1600 SDT za únor roku 2016, přičemž 16 667 kusů za směnu odpovídá 100 % OEE.



Obr. 8 OEE kovací linky PK 1600 SDT - Únor 2016

Z grafu lze vyčíst, že celková efektivita zařízení je pouhých 33 % a je tu řada prostojů, jako například doba výměny opotřebovaného nářadí, doba změny sortimentu a poruchy. Tyto prostoje je nutné řešit, a proto byla zavedena řada opatření, přispívající ke zvýšení celkové efektivity zařízení. Mezi taková opatření patřilo například pořízení automatického zařízení pro skladování materiálu, neboli

rotomatu, nepřetržitý chod lisu, přímo k lisu a zavedení systému Kanban, instalace termokamery na sledování teploty nářadí, zvýšení životnosti kovacího nářadí, zefektivnění systému TPM nebo zaměstnání pracovníka ve skladu, který dohlíží na správnou kompletaci kovacího nářadí.

4.2.1 Rotomat a systém Kanban

Rotomat se pořídil přímo ke kovacímu lisu z více důvodů. Rotomat, ve srovnání s klasickým skladováním dílů a materiálu v regálech, ušetří skladovací prostory a čas díky rychlému přístupu ke kovacímu nářadí. Hlavním důvodem pořízení rotomatu k lisu je úspora času při nutné výměně opotřebovaného kovacího nářadí. Operátor tak při této situaci nemusí jít pro náhradní díly až do skladu a zpět. V tabulce 3 je znázorněna časová analýza pro situace, kdy je umístěno nářadí ve skladu a kdy je naopak v rotomatu u lisu. Z této analýzy vyplývá, že díky rotomatu u lisu, pracovníci ušetří při jedné výměně opotřebovaného kovacího nářadí přibližně 6 minut, případně 10 minut, pokud musí při cestě do skladu čekat na projíždějící vlak.

Tab. 3 Časové srovnání typů skladování náhradního kovacího nářadí

Nářadí ve skladu		Nářadí v rotomatu u lisu	
Cesta od lisu do skladu	170 sekund	Vyhledání nářadí	30 sekund
Projíždějící vlak	0 - 180 sekund		
Vyhledání nářadí	90 sekund		
Cesta ze skladu k lisu	170 sekund		
Celkem	430 - 610 sekund	Celkem	30 sekund
Rozdíl 400- 580 sekund			

V rotomatu je celkem 36 polic, přičemž v každé polici jsou umístěny sestavy nářadí pro určitý typ vyráběného dílu, konkrétně dva kusy od každého náhradního dílu. Rotomat se musí průběžně doplňovat. Proto se používá systém Kanban. U každého náhradního dílu je kartička s označením, kterou musí operátor lisu dát do zvláštního boxu vždy, když odebere daný náhradní díl. Pro tento box chodí každý den pracovník ze skladu a dle kartiček rotomat doplňuje. Vyskytuje se zde ale problém s kartičkami, které jsou jen položeny u nářadí a jsou poměrně malé. Proto se stává, že operátorovi lisu upadne kartička do mezery mezi policí a pultem rotomatu a neumístí tak kartičku do příslušného boxu. Pracovník skladu posléze neví, že má

daný náhradní díl doplnit a hrozí tak riziko delšího prostoje při výměně opotřebovaného náradí. Pro plynulý a rychlý průběh výměny náradí je nutné tento problém vyřešit.

4.2.2 Využití systému TPM

Základním předpokladem pro výrobu kvalitních výrobků a pro zlepšování celkové efektivity zařízení je péče o samotnou kovací linku. Za tímto účelem byl vypracován kvalitní systém TPM.

První fází TPM je autonomní údržba. Tuto údržbu provádí na stroji sama obsluha, která ví nejlépe o problémových částech linky. Obsluha má k dispozici formulář denního TPM, kde má jasně stanovené body ke kontrole, včetně fotodokumentace. Následně tuto kontrolu zapíše do formuláře denního záznamu. Pokud při této kontrole dojde obsluha k nějaké závadě, tak závadu zapíše do knihy poruch v dílně údržby. Obsluha takto provádí kontrolu vždy na začátku směny. Naopak na konci své směny je obsluha zodpovědná za čištění a úklid stroje, očištění nástrojů a za úklid pracovního prostoru. Konkrétní body, které musí obsluha stroje kontrolovat, jsou znázorněny v příloze 1.

Dále má provoz vyčleněné dva pracovníky na kontrolu zařízení. Je vytvořen roční plán prohlídek. Kovací linka PK 1600 SDT má tyto prohlídky stanovené na každý čtvrtek, v rozmezí osmi až dvanácti hodin. Obsluha spolupracuje s příslušnými pracovníky a je zde také přítomen pracovník z procesní techniky a dva pracovníci z údržby. K této kontrole jsou vytvořené tzv. Checklisty, které obsahují kontrolní body. Pracovníci TPM tento formulář při kontrole vyplní. Součástí Checklistů je i pole se záznamem závad. V případě definování závady se dle rozsahu opravují ihned nebo se zapíše do plánu oprav. Na větší závady se často musí přizvat externí firmy.

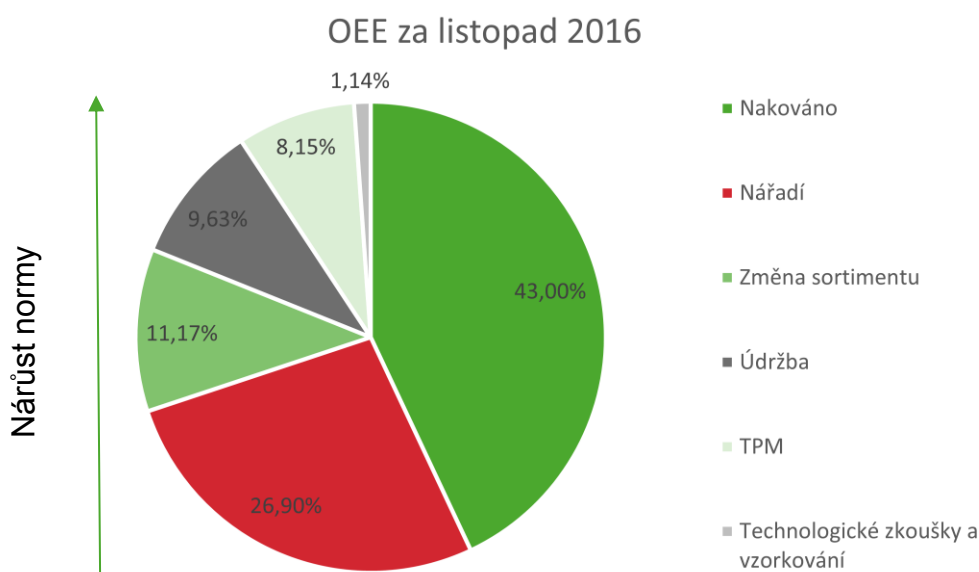
Co se týče kontrolních bodů, tak výrobce kovací linky má definované TPM ve své dokumentaci, kterou má kovárna k dispozici. Ke každé části stroje je vypracováno, co se má kontrolovat a v jaké četnosti. Stejně tak jsou vypracované i mazací plány, které má na starosti procesní technika. Tyto plány jsou zapracovány do Checklistů a denních kontrol. S těmito kontrolními body se stále pracuje a jsou zaváděny další body dle zkušeností se zařízením. Příklad Checklistu a kontrolních bodů je znázorněn v příloze 2.

Jednou v měsíci se provádí dvaceti čtyřhodinové TPM. Na tento den jsou zaplánovány opravy, čištění a kalibrace stroje. Tyto činnosti zpravidla provádí externí firmy.

System TPM tedy plní funkci preventivní kontroly zařízení, tak aby se předcházelo poruchám na zařízení a s nimi spojenými prostoji. Je nutné využívat daný čas prohlídky na maximum.

4.2.3 Zhodnocení provedených opatření

Během roku se provedla řada opatření ke zvýšení celkové efektivity zařízení. Mezi tato opatření patřilo například již zmíněné pořízení rotomatu přímo k lisu, zavedení systému Kanban, instalace termokamery a další (viz kapitola 4.2). Při ověřování na kolik byla zavedená opatření efektivní bylo vypočítáno OEE za listopad, které je znázorněno na obrázku 9.

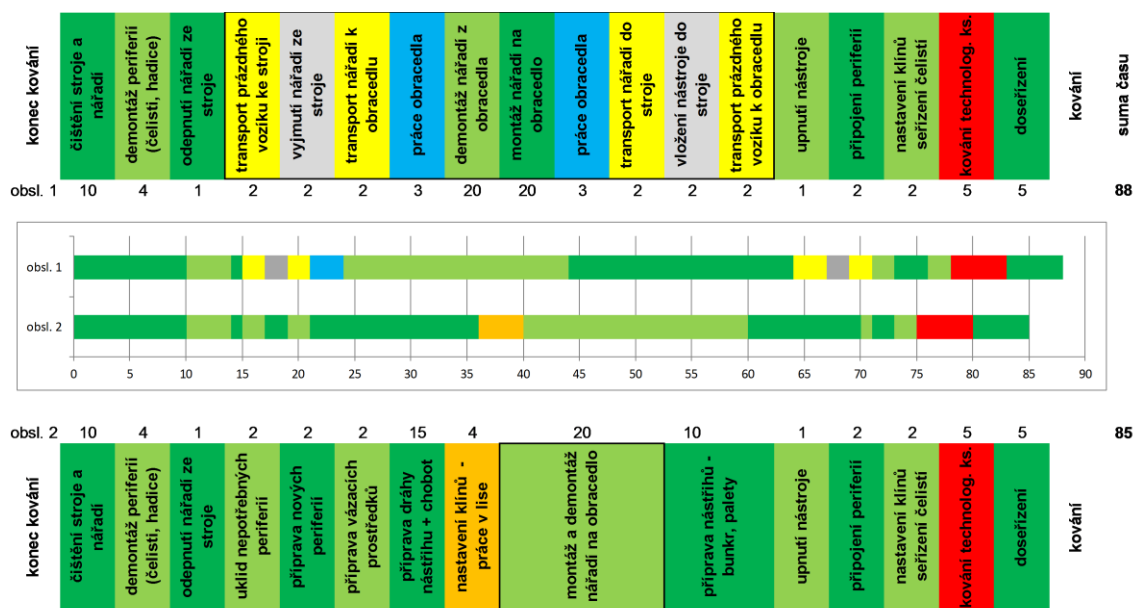


Obr. 9 OEE kovací linky PK 1600 SDT - Listopad 2016

Celková efektivita zařízení za listopad roku 2016 je 43 %. Díky stanovení záskoku neboli pracovníka, který obsluhuje lis, když má operátor lisu přestávku, se zvýšil základ pro výpočet OEE, nyní 100 % OEE odpovídá 19 048 vyrobených kusů za směnu. Je tedy zřejmé, že provedená opatření se osvědčila.

4.2.4 Výměna nářadí při změně sortimentu

Výměna nářadí při změně sortimentu má zásadní vliv na celkovou efektivitu zařízení. Z tohoto důvodu je důležité důsledně analyzovat celý proces, aby se odhalily možné problémy a mohla být navržena nápravná opatření k zefektivnění tohoto procesu. Pracovní postup a časová analýza výměny nářadí jsou znázorněny na obrázku 10.



Obr. 10 Časová analýza výměny nářadí

Výměnu nářadí provádí obsluha lisu, konkrétně dva pracovníci. Po skončení kování společně očistí stroj a nářadí, sundají čelisti, matice a hadice. Následně odepnují nářadí ze stroje. V ideálním případě se kování ukončí v době, kdy je spotřebován všechen materiál. Pokud tomu tak není, tak výše zmíněné úkony provádí pouze jeden pracovník, přičemž druhý vyjíždí zbylý materiál z induktoru a bunkru. Dále má každý pracovník odlišné úkoly.

První pracovník má za úkol najet vozíkem pro výměnu nářadí do stroje a pomocí posuvných saní naložit odkované nářadí. S tímto nářadím vozík vyjede ven ze stroje až k obracedlu, kde se nářadí otočí. Nářadí se dělí na spodní a vrchní část. Každá tato část musí být vyměněna zvlášť. Pro výměnu nářadí se používá jeřáb. Nové nářadí se pak musí opatřit všemi potřebnými prvky a zkontrolovat, zda je vše v pořádku. Následně se nářadí otočí zpět a pomocí vozíku je transportováno do stroje.

Mezitím druhý pracovník odklízí nepotřebné součástky a naopak nastavuje nové periférie, jako čelisti, klíny, chobot či seřizuje dráhu vkladáče. Ne vždy je nutné, měnit chobot a dráhu zakladače, to záleží na průměru a délce materiálu pro daný díl. Dále musí připravit palety s materiálem a důsledně je označit nebo také případně vyjet výkovky z tryskače.

Následně, pomocí posuvných saní, se nářadí vloží do stroje a upne. Vozíkem se posléze vyjede ven a zavře se oplocení lisu. V poslední fázi pracovníci připojí další periférie, jako skluzy a hadice. Vše zkontrolují, spustí lis a nakovou tzv. technologický kus. V případě nutnosti doseřídí vše potřebné a začnou vyrábět.

5 Časová optimalizace

Na základě statistik z výroby, vlastního pozorování výrobního procesu a časového snímku změny sortimentu byla navržena potencionální opatření, díky kterým by se mělo docílit vyšší celkové efektivity zařízení. Tato opatření se budou týkat především nejvýznamnějších typů prostoje, kterými jsou:

- doba na výměnu opotřebovaného nářadí,
- doba na změnu sortimentu.

5.1 Optimalizace systém Kanban

Zavedení systému Kanban byl bezesporu správný krok k plynulému doplňování nářadí do rotomatu. Jak již bylo uvedeno v kapitole 4.2.1, tak tento systém nefunguje dokonale a je tu problém se štítky s názvy nářadí.

V první fázi by bylo vhodné zřetelně a nesmazatelně označit plastové boxy. Sestavy nářadí by měly být řazeny postupně dle čísla nářadí a dle jednotlivých pozic. Je důležité, aby byla ve všech policích rotomatu použita stejná metodika řazení. Díky tomu se bude moci obsluha snadno orientovat v jednotlivých policích a rychle tak najde požadované nářadí.

Druhou fází optimalizace zavedeného systému Kanban je zvětšení štítků s označením nářadí. Štítky tak budou snáze uchopitelné a nebude tak často docházet k upuštění štítku do mezery mezi policí a pultem rotomatu. Pro případ, že by se něco takového přesto stalo, tak je možné umístit na rotomat také notes, kam by obsluha napsala číslo a pozici odebraného materiálu.

Toto opatření by mělo snížit riziko nedostatku nářadí v rotomatu, čímž se zároveň snižuje riziko delších prostoje při výměně opotřebovaného nářadí. Čas, který tím pracovník ušetří je přibližně 6 až 10 minut na jednu výměnu nářadí, viz tabulka 3 v kapitole 4.2.1.

V ideálním případě by mohla být zavedena elektronická evidence pomocí čárových kódů jednotlivých nářadí. Zavedení tohoto způsobu by bylo poměrně nákladné a v konečném důsledku by se nevyplatilo.

5.2 Doplnění rotomatu

Pro případ, že dojde k neočekávané poruše lisu, kterou je obsluha schopna opravit, tak jsou v rotomatu umístěny, kromě sestav nářadí, také další drobné náhradní díly, jako jsou například čelisti nebo díly k materiálovému zakladači.

V rotomatu je stále nějaké místo, ale samozřejmě není možné sem založit veškeré nářadí a náhradní díly, které by obsluha mohla potřebovat k menším opravám. Řešením je identifikace nejčastějších poruch a nejvíce používaných náhradních dílů, a následně tyto díly založit do rotomatu.

Na základě sledování poruch a komunikace s obsluhou lisu byly vytipovány nejčastěji používané díly, pro které musí operátoři lisu chodit do skladu. Jedná se o šrouby, náhradní brusné kotouče, ventily, stříhy a drobné normalizované díly. Díky založení těchto dílů do rotomatu dojde ke zkrácení doby menších oprav, prováděných samotnou obsluhou lisu.

5.3 Časová optimalizace výměny nářadí

Na základě časové analýzy výměny nářadí při změně sortimentu jsou navržena některá opatření za účelem zkrácení doby výměny nářadí. Těmito opatřeními jsou:

- pořízení ručního nářadí pro každou směnu,
- mycí box,
- portál.

Pořízení ručního nářadí

Během analýzy výměny nářadí se zjistilo, že pracovníci nemají k dispozici všechno potřebné ruční nářadí k provádění výměny a údržby aktivního kovacího nářadí. Často si toto nářadí musí půjčovat z jiných pracovišť nebo pro něj musí jít až do skladu.

Pořízením vlastní sady ručního nářadí pro každou směnu se těmto prodlevám zabrání a výměna nářadí bude plynulejší. Tato sada by měla obsahovat základní ruční nářadí, brusky a brusné prostředky, utahovací pistole a také speciální přípravky pro údržbu nářadí.

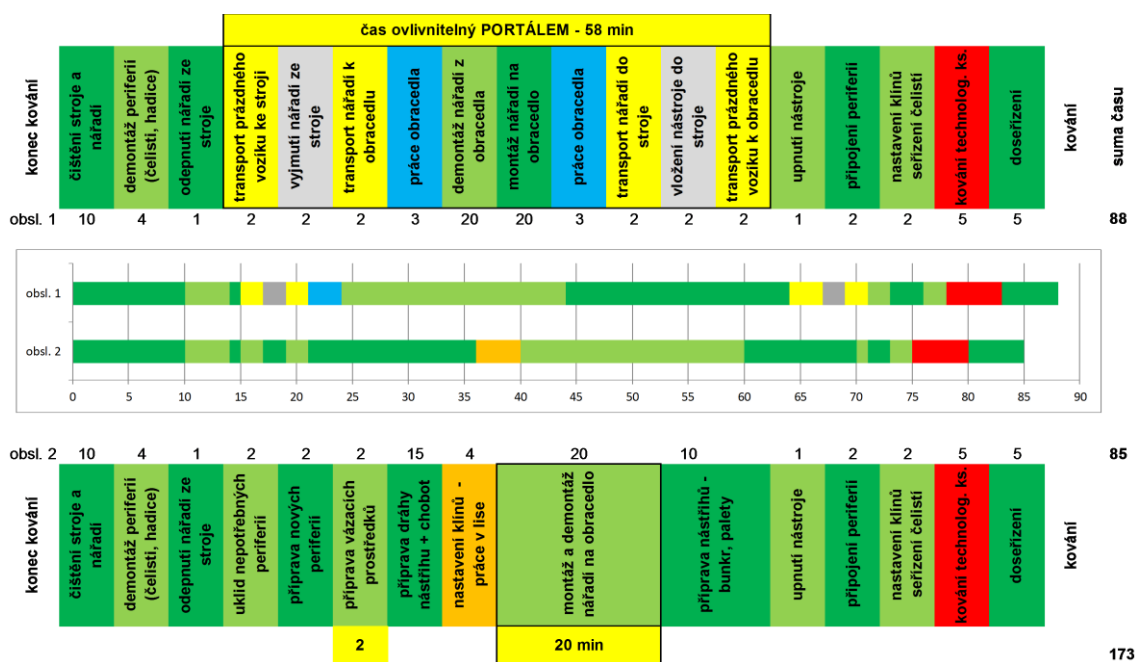
Mycí box

V současné době trvá mytí, během výměny nářadí, přibližně 10 minut. Stroj a nářadí jsou omývány od okují, nečistot a zbytků mazadla. Cílem pořízení mycího boxu bylo především zkrácení doby mytí, čímž zároveň dojde k navýšení kapacity kovací linky.

Výsledkem bude, že se bude omývat pouze stroj, což trvá přibližně 2 minuty. Nářadí se bude omývat v mycím boxu až po skončení výměny nářadí a po začátku kování. S tímto opatřením se tedy uspoří 8 minut během jedné výměny nářadí. Při dvou výměnách nářadí za den a průměrném počtu 30 dní v měsíci se uspoří přibližně 480 minut. To znamená, že při průměrném taktu 28 výkovek za minutu lze za měsíc, v ideálním případě, nakovat o 13 440 výkovek více. Dalším přínosem mycího boxu je snížení spotřeby odpadní vody nebo úspora nákladů vynaložených na úklid a očištění technické místnosti pod lisem, kam voda a nečistoty stékají.

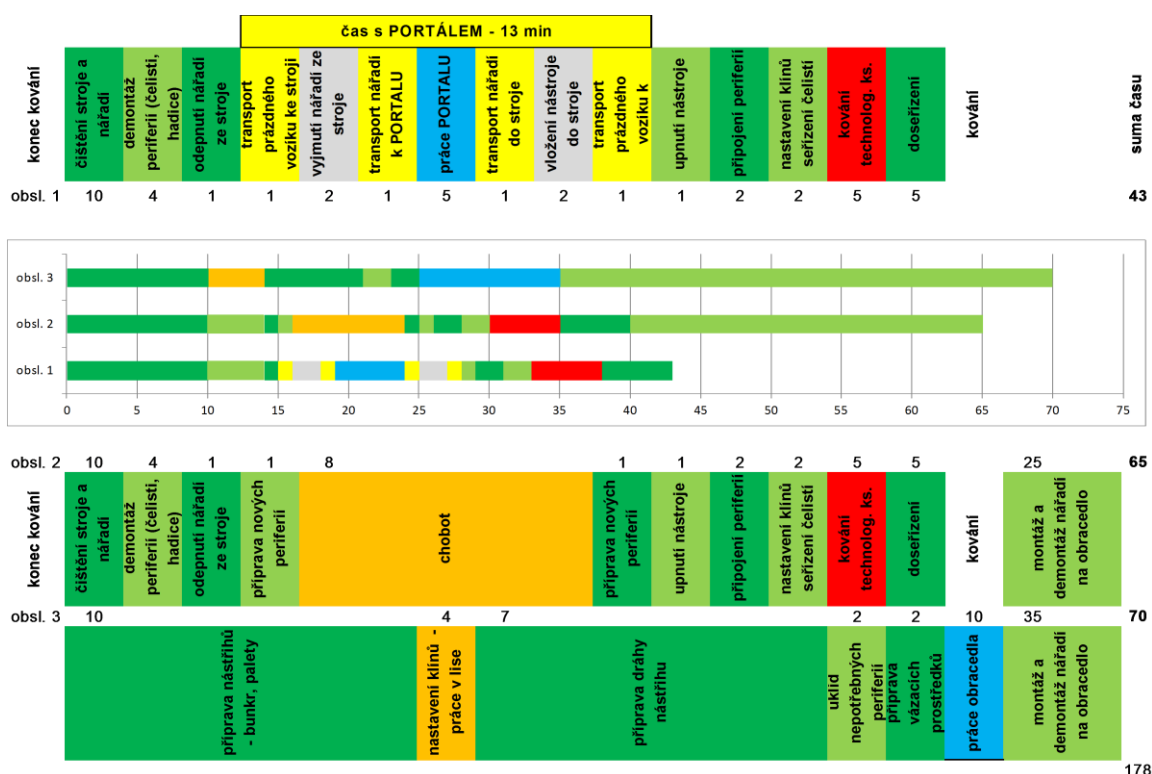
Portál

Po provedení časové analýzy výměny nářadí byl odhalen neefektivní způsob výměny starého kovacího nářadí za nové. Řešením tohoto problému je instalace portálu. Na obrázku 11 je znázorněna časová analýza výměny nářadí spolu s ovlivnitelným časem díky portálu.



Obr. 11 Doba výměny nářadí ovlivnitelná instalací portálu

Portál je zařízení, které bude automaticky měnit použité kazety nářadí za nové. Obecně bude fungovat tak, že vyjede vozík pro výměnu nářadí ven z lisu k portálu spolu s opotřebeným kovací nářadím a pomocí přesuvného zařízení se toto nářadí přemístí na dané místo. Následně se znovu pomocí přesuvného zařízení vloží již připravené nové kovací nářadí na vozík, se kterým se zajede zpět do lisu. Po opětovném zapnutí kovací linky se z portálu odebere staré nářadí a demontuje se. Na obrázku 12 je znázorněný postup výměny nářadí pomocí portálu a předpokládané časy výměny.



Obr. 12 Výměna nářadí prostřednictvím portálu

Na obrázku 12 jsou také zobrazeny jednotlivé činnosti každého pracovníka, spolu s předpokládanými časy trvání těchto činností. Výměnu nářadí budou provádět 3 pracovníci. První pracovník bude především obsluhovat portál. Druhý a třetí pracovník budou mít na starosti montáž a demontáž nářadí na obracedle. Celkový čas práce obsluhy se sice zvýší, ale montáž a demontáž nářadí nebudou mít vliv na samotné kování, jelikož se budou moci provádět již za chodu lisu. Tento fakt je největší výhodou zavedení portálu a ušetří nejvíce času. Díky ušetřenému času se výrazně prodlouží výrobní čas a s ním spojené množství vyrobených kusů.

V následující tabulce 4 je znázorněno časové porovnání aktuálního postupu výměny náradí a výměny náradí prostřednictvím portálu. Zeleně zvýrazněný je čas výměny náradí. Díky instalaci portálu se ušetří přibližně 45 minut. Tento portál bude nainstalován v lednu roku 2017.

Tab. 4 *Výměna náradí bez portálu a s portálem*

Čas v minutách	Původní	Návrh	Rozdíl
Čas výměny	88	43	45
Ovlivnitelný čas	58	13	45
Obsluha 1	88	43	45
Obsluha 2	85	65	20
Obsluha 3		70	-70
Celkový čas obsluhy	173	178	-5

5.4 Zhodnocení navrhovaných opatření

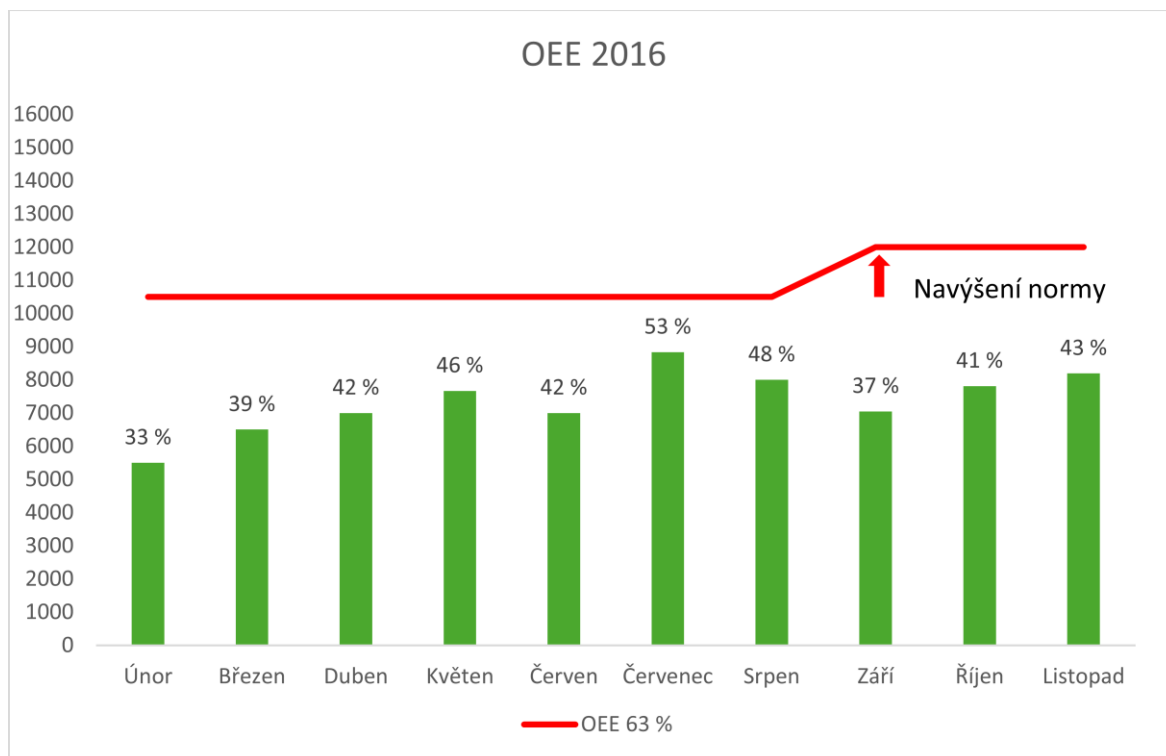
V tabulce 5 jsou znázorněny jednotlivé problémy výrobního procesu, navrhovaná opatření k nápravě těchto problémů, předpokládaná výše nákladů k zavedení daných opatření a jejich očekávaný přínos.

Tab. 5 *Souhrn navrhovaných opatření*

Problém	Navrhované zlepšení	Náklady	Přínos
System Kanban	Pevné označení a logické řazení plastových boxů Optimalizace rozměrů štítků	Velmi nízké	Nízký
Nedostatek potřebných náhradních dílů v rotomatu	Doplnění rotomatu vhodnými náhradními díly	Nízké	Střední
Výměna náradí při změně sortimentu	Sada ručního náradí	Střední	Střední
	Mycí box	Střední	Vysoký
	Portál	Vysoké	Velmi vysoký

Náklady na realizaci daných zlepšení by neměly převyšovat jejich očekávaný přínos. U výše uvedených návrhů na zlepšení se předpokládá vždy větší přínos. Například první opatření, kterým je optimalizace systému Kanban, výrazně samotnou výrobu neovlivní, jelikož slouží spíše ke snadnější orientaci pracovníků v rotomatu a ke snížení rizika nedostatku náhradního kovacího nářadí, ale náklady vynaložené na realizaci tohoto opatření jsou v rámci několika stovek korun. Z tohoto důvodu se i toto opatření vyplatí. U ostatních návrhů optimalizace se náklady na jejich zavedení pohybují výše, ale z dlouhodobého hlediska se zavedení i těchto opatření vyplatí.

Cílem zavedení těchto opatření je dosáhnout cílové hodnoty 63 % OEE, stanovenou vedením kovárny. Na obrázku 13 je znázorněn graf s hodnotami OEE od února do listopadu roku 2016. Červená čára znázorňuje cílovou hodnotu 63 % OEE.



Obr. 13 OEE- únor až listopad 2016

Jak lze vyčíst z grafu, tak hodnota OEE má stoupající trend, což odpovídá zavedeným opatřením v průběhu roku. Odhaduje se, že díky navrhované optimalizaci se v červnu roku 2017 dosáhne cílové hodnoty 63 % celkové efektivity zařízení.

Závěr

Cílem této práce byla analýza a následně časová optimalizace výrobního procesu kovací linky ve společnosti Škoda Auto a.s. V první části práce byl popsán výrobní proces a jeho charakteristiky, nejvyužívanější systémy pro efektivní řízení výroby, nástroje na odhalení problémových oblastí ve výrobním procesu a také základní technologie výroby polotovarů.

Druhá část práce obsahovala základní informace o kovárně a samotné kovací lince PK 1600 SDT. Byl podrobně vylíčen postup výroby hnaných a hnacích kol převodovky. Dále autor popsal způsob řízení výrobního procesu kovací linky a na základě vlastního pozorování a měření nastínil základní problémy daného výrobního procesu.

Nejzávažnějšími problémy byly dlouhé doby výměny opotřebovaného nářadí a výměny kazet nářadí při změně sortimentu. Pro zrychlení výměny opotřebovaného nářadí byla navržena opatření k optimalizaci systému Kanban a doplnění rotomatu často používaným nářadím.

Pro optimalizaci výměny kazet nářadí při změně sortimentu byla nejdříve provedena časová analýza tohoto procesu. Ta odhalila prodlevy z důvodu nedostatku ručního nářadí na pracovišti a neefektivní způsob výměny starého nářadí za nové. Prvním navrhovaným řešením je pořízení vlastní sady ručního nářadí pro každou směnu. Dalším navrhovaným opatřením je pořízení mycího boxu, díky kterému dojde ke zkrácení času výměny nářadí, úspoře vody a nákladů, vynaložených na úklid technické místnosti pod lisem. Posledním navrhovaným řešením je pořízení portálu, který výrazně urychlí a usnadní výměnu nářadí.

Díky těmto opatřením dojde k úspoře času potřebného na výměnu nářadí, čímž se zvýší produktivita celé kovací linky. Zda tato opatření přinesou předpokládaný výsledek, ukážou až výsledky v příštích obdobích. Do té doby je nutné celý výrobní proces stále analyzovat a snažit se jej optimalizovat.

Seznam literatury

BEST, M; NEUHAUSER, D. Quality & Safety in Health Care [online] [cit. 2016-09-20]. Londýn: BMJ Publishing Group LTD, 2008. Dostupné z: <<http://search.proquest.com/central/docview/1778806680/fulltext/862C89AB07FA42B2PQ/1?accountid=149301>>

HEŘMAN, Jan. Řízení výroby. Slaný: MELANRDIUM, 2001. ISBN 80-86175-15-4

KEŘKOVSKÝ, Miloslav. Moderní přístupy k řízení výroby: 2. vydání. Praha: C.H.Beck, 2009. ISBN 978-80-7400-119-2

LEGÁT, Václav a kol. *Management a inženýrství údržby*. Praha: Professional Publishing, 2013. ISBN 978-80-7431-119-2

SVOBODOVÁ, Hana, MEJDRECH, Vlastimil. *Provozní management: Příklady*. Praha: Oeconomica, 2010. ISBN 978-80-245-1637-0

TOMEK, Gustav, VÁVROVÁ, Věra. *Integrované řízení výroby: Od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Praha: GRADA, 2014. ISBN 978-80-247-4486-5

TOMEK, Gustav, VÁVROVÁ, Věra. *Řízení výroby a nákupu*. Praha: GRADA Publishing, 2007. ISBN 978-80-247-1479-0

VRABEC, Jan, NOVÁK, Pavel, Tomíček, Libor a kol. *Základy strojírenské výroby*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2015. ISBN 978-80-01-05669-1

Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků

Obr. 1 Transformační proces.....	9
Obr. 2 Technologické uspořádání výroby	12
Obr. 3 Předmětné uspořádání výroby	13
Obr. 4 Ishikawa diagram	20
Obr. 5 Technologie tváření	23
Obr. 6 Operace kování	26
Obr. 7 Kovací linka PK 1600 SDT	27
Obr. 8 OEE kovací linky PK 1600 SDT - Únor 2016.....	28
Obr. 9 OEE kovací linky PK 1600 SDT - Listopad 2016	31
Obr. 10 Časová analýza výměny nářadí	32
Obr. 11 Doba výměny nářadí ovlivnitelná instalací portálu.....	36
Obr. 12 Výměna nářadí prostřednictvím portálu.....	37
Obr. 13 OEE- únor až listopad 2016	39

Seznam tabulek

Tab. 1 Výhody a nevýhody jednotlivých uspořádání pracovišť.....	13
Tab. 2 Příčiny prostojů	16
Tab. 3 Časové srovnání typů skladování náhradního kovacího nářadí	29
Tab. 4 Výměna nářadí bez portálu a s portálem.....	38
Tab. 5 Souhrn navrhovaných opatření	38

Seznam příloh

Příloha č. 1 Autonomní údržba- body ke kontrole.....	44
Příloha č. 2 Check list- týdenní prověrky	46

Příloha č. 1 Autonomní údržba- body ke kontrole

	AUTONOMNÍ ÚDRŽBA		Závod PKG
	Zařízení : B8	VIZUALIZACE KONTROLY-obsluha stroje	Středisko 1511
Popis činností - kontrolní body:		Cyklus	
1.kontrola funkce ovládacích panelů včetně stop tlačítek		směna	
2.kontrola funkce (účinnosti) brzdy,kontrola funkce zkouškou		směna	
3.kontrola stavu nástroje a pracovnoho prostoru		směna	
4.kontrola trysek rozstříku Bemers,případné čištění		směna	
5.kontrola funkce všech dopravníků		směna	
6.kontrola podavače do induktoru,vstup a výstup induktoru,kontrola úniků vody		směna	
7.kontrola obracedla Nopo,kontrola dráhy vozíku,dorazů a aretace na opotřebení,vrat a plošin		směna	
8.kontrola úniků energií celé linky - hydraulika,pneumatika,mazání		směna	
9.kontrola chodu pece Realistic a chladícího boxu,kontrola krytů zařízení		směna	
10.kontrola zařízení Stem,okolí stroje na úniky abraziva,vizuální kontrola tryskací komory-pás,vyložení		směna	
kontrola dopravníků a váhy na poškození		směna	
11.čištění a úklid stroje,očistit nástroje a pracovní prostor stroje		směna	
1	5	9	
			
2	6	10	
			
3	7		
			
4	8	11	
			
1/2016	závady ihned nahláš ÚDRŽBĚ	list 1/1 Vypracoval:	

ANOTAČNÍ ZÁZNAM

AUTOR	Václav Budín		
STUDIJNÍ OBOR	6208R088 Podniková ekonomika a management provozu		
NÁZEV PRÁCE	Časová optimalizace kovací linky ve společnosti Škoda Auto		
VEDOUCÍ PRÁCE	Ing. Josef Bradáč, Ph.D.		
KATEDRA	KLRK - Katedra logistiky a řízení kvality	ROK ODEVZDÁNÍ	2016
POČET STRAN	47		
POČET OBRÁZKŮ	13		
POČET TABULEK	5		
POČET PŘÍLOH	2		
STRUČNÝ POPIS	<p>Cílem práce je analýza výrobního procesu kovací linky ve firmě Škoda Auto a.s. za účelem časové optimalizace této linky. Teoretická část práce se zabývá výrobním procesem, systémy řízení výrobního procesu a základními technologiemi na výrobu polotovarů. Dále jsou v práci obsaženy základní informace o kovárně a samotné kovací lince. Po důsledné analýze výrobního procesu této linky, byli odhaleny nedostatky, ale také potenciál ke zlepšení. Z důvodu těchto zjištění, byla provedena časová analýza výměny náradí při změně sortimentu. Na základě zjištěných nedostatků a časové analýzy byla navržena zlepšení a nápravná opatření, spolu s předpokládaným účinkem jednotlivých opatření.</p>		
KLÍČOVÁ SLOVA	Výrobní proces, časová analýza, optimalizace, výměna náradí, Kanban		
PRÁCE OBSAHUJE UTAJENÉ ČÁSTI: Ne			

ANNOTATION

AUTHOR	Václav Budín		
FIELD	6208R088 Business Management and Production		
THESIS TITLE	Time optimization of forging line in Škoda Auto a.s.		
SUPERVISOR	Ing. Josef Bradáč, Ph.D.		
DEPARTMENT	KLRK - Department of Logistics and Quality Management	YEAR	2016
NUMBER OF PAGES	47		
NUMBER OF PICTURES	13		
NUMBER OF TABLES	5		
NUMBER OF APPENDICES	2		
SUMMARY	<p>The aim of the thesis is to analyze the production process of the forging line at Škoda Auto a.s. in order to time optimization of the forging line. The theoretical part deals with the manufacturing process, manufacturing process control systems and basic technologies for the production of semi-finished products. Then, there are written basic information about the forge and forging line itself. After a thorough analysis of the production proces, problems were revealed. Because of these findings, time analysis of tool exchange was made. On the basis of these problems and time analysis, there were suggested improvements along with the expected impact of these measures.</p>		
KEY WORDS	Production proces, time analysis, optimization, tool Exchange, Kanban		
THESIS INCLUDES UNDISCLOSED PARTS: No			

