

ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA, O.P.S.

Studijní program: B6208 Ekonomika a management

Studijní obor: 6208R088 Podniková ekonomika a management provozu

Analýza využití výrobních kapacit strojního zařízení slévárny ve ŠKODA AUTO a.s.

Štěpán Zechovský

Vedoucí práce: Ing. David Staš, PhD.

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 5.12.2017

Děkuji Ing. Davidu Staši, PhD. za odborné vedení bakalářské práce, poskytování cenných rad a připomínek. Mé díky dále patří kolegům, kteří jakýmkoliv způsobem přispěli k realizaci práce, ať už dodáním podkladů, odbornou konzultací nebo závěrečnou kontrolou, zejména Ing. Vladimírovi Barcimu, Ing. Jiřímu Měchurovi, Ing. Davidu Mahútovi, Michalu Samkovi, Petru Šakovi, Milanu Výprachtickému a dalším.

Obsah

| | |
|--|----|
| Úvod | 7 |
| 1 Řízení výrobních kapacit..... | 9 |
| 1.1 Stanovení výrobních kapacit | 9 |
| 1.2 Časový fond práce zařízení..... | 10 |
| 1.3 Efektivita výroby | 11 |
| 1.4 Současné trendy ve využití výrobních kapacit..... | 12 |
| 1.4.1 Štíhlá výroba..... | 12 |
| 1.5 Vybrané aspekty ovlivňující celkové využití výrobních kapacit..... | 21 |
| 2 Analýza využití výrobních kapacit | 26 |
| 2.1 Vymezení zkoumané oblasti | 26 |
| 2.1.1 Součásti zkoumaného výrobního zařízení | 27 |
| 2.1.2 Princip tlakového lití..... | 27 |
| 2.1.3 Layout pracoviště a výrobní postup | 28 |
| 2.2 Celková efektivita zkoumaného výrobního zařízení | 29 |
| 2.2.1 Dostupnost zkoumaného výrobního zařízení..... | 29 |
| 2.2.2 Výkon výroby zkoumaného výrobního zařízení | 30 |
| 2.2.3 Kvalita výroby zkoumaného výrobního zařízení..... | 31 |
| 2.2.4 Stanovení celkové efektivity zk. výrobního zařízení (OEE)..... | 32 |
| 2.3 Analýza aspektů snižujících dostupnost zk. výrobního zařízení..... | 33 |
| 2.4 Analýza činitelů snižujících dostupnost zk. výrobního zařízení | 34 |
| 3 Návrh opatření ke zvýšení využití výrobních kapacit na zk. pracovišti..... | 40 |
| Závěr | 44 |
| Seznam literatury | 46 |
| Seznam příloh | 48 |

Seznam použitých zkratk a symbolů

| | |
|-------|---|
| EČF | Efektivní časový fond |
| i.O. | In Ordnung – odlitky splňující parametry |
| JIT | Just-in-Time |
| MTBF | Mean Time Between Failures – střední doba mezi poruchami |
| MTTR | Mean Time to Repair – střední doba opravy |
| n.i.O | Nicht in Ordnung – odlitky nesplňující parametry |
| OEE | Overall Equipment Effectiveness – celková efektivita zařízení |
| SMED | Single Minute Exchange of Dies |
| TPM | Total Productive Maintenance – Totálně produktivní údržba |
| TPS | Toyota Production System – Výrobní systém Toyota |
| USA | Spojené státy americké |

Úvod

Schopnost podniku maximálně využít vlastní výrobní kapacity je jednou z klíčových podmínek úspěchu v tržním konkurenčním prostředí. Nevyužité kapacity, ač mohou být na první pohled skryté, se promítají do výrobních nákladů a tyto do značné míry ovlivňují konkurenceschopnost podniku. V průběhu dějin nastalo několik zlomů, které zásadně ovlivnily efektivitu a celkovou podobu výroby. Na konci 18. století a v průběhu století 19. došlo v rámci 1. průmyslové revoluce k tzv. industrializaci, jejíž dopady dalece přesahovaly stěny výrobních podniků a způsobily společenské změny srovnatelné snad jen s přechodem od společnosti lovců a sběračů ke společnosti zemědělské v rámci neolitické revoluce. V průběhu 2. průmyslové revoluce, která se datuje do poslední čtvrtiny 19. století a je charakterizována elektrifikací a nasazením výrobních linek, došlo k prudkému rozvoji hromadné výroby. Roku 1969 byla vyrobením prvního programovatelného logického automatu, tzv. PLC, odstartována 3. průmyslová revoluce, která umožňovala cyklickou automatizaci výrobních procesů (Cejnarová, 2015).

Zatímco se jednotlivé průmyslové revoluce v dopadech na společnost významně lišily, jejich společným jmenovatelem bylo zvýšení celkového využití výrobních kapacit. Podle všeho tomu nebude jinak ani u průmyslové revoluci č. 4, která vznikla právě s cílem zvýšení konkurenceschopnosti zemí s vysokými mzdovými náklady. Technologický pokrok spojený se čtvrtou průmyslovou revolucí způsobí nárůst produktivity práce až o 32 % (Mařík a kol., 2016). Vysoká efektivita výroby vyvažuje vysoké mzdové náklady a tím pomáhá zachovávat průmysl ve vyspělých ekonomikách.

Předmětem zkoumání této práce je analyzovat využití výrobní kapacity na zkoumaném výrobním zařízení slévárny hliníku ve ŠKODA AUTO a.s. K provedení této analýzy je nejprve zapotřebí uvést teoretická východiska zakládající se na nejnovějších poznatcích z oblasti využití výrobních kapacit. Vzhledem k rozsahu této oblasti lidského vědění jsou uvedeny pouze ty poznatky, které mají relevanci ke zkoumanému výrobnímu zařízení.

Na základě teoretických východisek je charakterizován aktuální stav zkoumaného výrobního zařízení s ohledem na využití výrobní kapacity tohoto zařízení. Zkoumané výrobní zařízení je nejprve popsáno a jsou charakterizovány jeho hlavní součásti a způsob fungování. Dále je pro zkoumané výrobního zařízení ve sledovaném období leden-červen 2017 zjištěna výrobní kapacita, stupeň jejího využití a vyjmenovány faktory, které měly na využití výrobní kapacity ve sledovaném období největší vliv. Jsou identifikovány nedostatky a potenciál ke zlepšení. S ohledem na zjištěné aspekty ovlivňující celkové využití výrobních kapacit na zkoumaném výrobním zařízení, jejich závažnost a s přihlédnutím k poznatkům vycházejících z teoretické části jsou pak navrhována opatření mající za cíl zvýšení celkového využití výrobních kapacit.

1 Řízení výrobních kapacit

Výrobní kapacita se dá definovat jako maximální schopnost podniku vyrábět určitý produkt za dané časové období při zohlednění faktorů, jakými jsou množství a druh výrobních zařízení, počet a kvalifikace pracovníků, organizace výroby či použitá technologie (Němec, 2002, s. 42). Ke zlepšení jejího celkového využití pak existují dva základní přístupy. První přístup, zvaný zdrojová eficeience, vychází z daného množství, které je třeba vyrobit a snaží se minimalizovat zdroje, které je k tomuto výkonu potřeba vložit. Druhý přístup, zvaný zdrojová produktivita, vychází ze zdrojů, které jsou k dispozici a snaží se je přeměnit v maximální možné vyrobené množství (Ramsauer, 2013).

1.1 Stanovení výrobních kapacit

Výrobní kapacitou se rozumí maximální objem produkce, které je na dané výrobní jednotce (stroj, dílna, závod) možno vyprodukovat za jednotku času při dodržení určitých podmínek. Podmínkou přitom může být zajištění potřebné jakosti, ekonomické efektivnosti či podmínek bezpečnosti práce a ochrany zdraví (Tomek, Vávrová, 2014, s. 137).

Výrobní kapacitu lze spočítat několika způsoby. Ve strojírenských výrobcích se u mechanického obrábění často užívá výpočet pomocí kapacitních norem pracnosti (1.1), které lze vypočíst takto (Synek a kol., 2011):

$$t_k = \frac{t}{k_1 * k_2}, \tag{1.1}$$

kde t – norma pracnosti výrobku v normohodinách

k_1 – koeficient plnění norem

k_2 – koeficient progresu (vyjadřuje růst produktivity práce).

Výrobní kapacitu podle kapacitních norem pracnosti (1.2) pak určíme podle vzorce:

$$Q_p = \frac{T_p}{t_k} , \quad (1.2)$$

kde Q_p – výrobní kapacita v naturálních jednotkách

T_p – využitelný časový fond práce zařízení za časovou jednotku.

Kapacitu výrobního zařízení Q_p (1.3) lze vyjádřit také jako součin efektivního časového fondu práce zařízení a výkonu zařízení za danou časovou jednotku. Tímto způsobem se postupuje, pokud výrobní jednotka vyrábí jeden druh výrobku či výrobky na sebe převoditelné (Synek a kol., 2011):

$$Q_p = T_p * V_p , \quad (1.3)$$

kde V_p – výkon v naturálních jednotkách za časovou jednotku.

Výše uvedený vztah platí pro výpočet výrobní kapacity pro jednotlivé výrobní zařízení. Při výpočtu výrobní kapacity dílen, provozů, či závodů je třeba rozlišovat mezi paralelním a sériovým řazením jednotlivých výrobních jednotek. Zatímco u paralelního řazení výrobních jednotek lze sečtením dílčích výrobních kapacit stanovit celkovou výrobní kapacitu, u sériově řazených výrobních jednotek určuje celkovou kapacitu tzv. hlavní výrobní článek. (Synek a kol., 2011).

1.2 Časový fond práce zařízení

Pro určení výrobní kapacity určitého výrobního zařízení je zapotřebí spočítat časový fond práce zařízení. Literatura rozlišuje mezi kalendářním, nominálním a efektivním časovým fondem (Synek a kol., 2011).

Kalendářní časový fond T_k je celkový počet dní v roce. Lze jej vyjádřit i v hodinách a používá se pro výpočet kapacity výroby v nepřetržitých výrobních provozech.

Nominální časový fond T_n bere v potaz dny pracovního klidu, jakými jsou soboty, neděle, státní svátky či celozávodní dovolené. Jejich odečtením od kalendářního časového fondu se zjistí nominální časový fond ve dnech. Vynásobením nominálního časového fondu ve dnech počtem směn v jednom pracovním dni a počtem hodin v jedné směně získáme nominální časový fond v hodinách.

Efektivní časový fond T_p vypočítáme odečtením plánovaných prostojů od nominálního časového fondu. Do plánovaných prostojů spadá čas pro plánované údržby zařízení a jejich přemístění, které probíhají v pracovní době. Dále lze za plánované prostoje považovat čas nutný na výrobu technologicky nezbytných zmetků či čas, který je nutný k výměně směn. Neplánované prostoje jsou všechny ostatní prostoje, které nespádají do prostojů plánovaných.

1.3 Efektivita výroby

Jakmile je definována výrobní kapacita, je vhodné sledovat, nakolik je tato kapacita využita, jinými slovy, jaká je efektivita výroby. Jednou z možností, jak efektivitu výroby změřit, je ukazatel OEE¹, který měří celkovou efektivitu zařízení. Tento ukazatel je určen pro programy TPM a měří výkonnost jednotlivých zařízení či jejich skupin. Ukazatel OEE (1.4) bere v potaz dostupnost zařízení (1.5), jeho výkon (1.6) a kvalitu výroby (1.7) (Moblely, 2002, s. 8):

$$OEE = Dostupnost * Výkon zařízení * Kvalita výroby * 100 [\%], \quad (1.4)$$

přičemž jednotlivé komponenty lze vyjádřit jako:

$$Dostupnost = \frac{E\check{C}F - neplánované\ prostoje}{E\check{C}F}, \quad (1.5)$$

$$Výkon\ zařízení = \frac{Skutečné\ množství\ vyrobených\ výrobků}{E\check{C}F * dostupnost * norm.\ počet\ kusů/hod}, \quad (1.6)$$

$$Kvalita\ výroby = \frac{Množství\ shodných\ výrobků}{Množství\ vyrobených\ výrobků} \quad (1.7)$$

¹ Overall Equipment Effectiveness

Jak lze vyčíst z definice, ukazatel OEE může při vyjádření v procentech nabývat hodnot mezi 0-100 %². Vyšší hodnoty poukazují na vyšší celkovou efektivitu zařízení a naopak. Faktory snižující efektivitu jsou neplánované prostoje, snížený výkon stroje oproti jeho normě či výroba zmetků.

Ačkoliv je OEE užitečným nástrojem v oblasti nalézání potenciálu ve využití výrobních kapacit, vypovídá tento ukazatel pouze o využití zařízení, přičemž neplatí automaticky, že je co nejvyšší hodnota ukazatele OEE pro každou firmu v dané situaci nejlepším možným výsledkem. Je potřeba brát v potaz také schopnost vyrobené produkty zpeněžit, protože pokud k tomu nedojde, může být OEE sice vysoké, ale zároveň dojde k nadvýrobě a nadměrnému vázání kapitálu, tedy k následkům nepříjemným pro každou firmu. Taiichi Ohno, považovaný za otce systému TPS, dokonce považuje nadvýrobu za nejhorší druh plýtvání, neboť je příčinou většiny ostatních ztrát (Liker, 2008).

1.4 Současné trendy ve využití výrobních kapacit

Tématem této kapitoly jsou trendy a poznatky v problematice celkového využití výrobních kapacit. Uveden je také koncept Štíhlé výroby v historickém kontextu a jsou nastíněny jeho principy a vybrané metody, které mají relevanci vzhledem ke zkoumanému výrobnímu zařízení. Výčet vybraných metod končí uvedením programu TPM, na který pak plynule navazuje závěrečná část kapitoly týkající se údržby strojních zařízení.

1.4.1 Štíhlá výroba

Definice Štíhlé výroby se různí. Lze ji chápat jako spořivý a časově efektivní přístup k produkčním faktorům, jakými jsou výrobní zdroje, pracovníci, materiály, plánování a organizace (Voigt, 2017). Jiné definice kladou větší důraz na ústřední postavení lidí a štíhlou výrobu chápou jako jejich povzbuzování a podněcování k neustálému

² Při nesprávném zvolení norem lze dosáhnout i hodnot OEE vyšších než 100 %. V takovém případě je nutné stávající formy vhodně revidovat.

zlepšování procesů, které nevyhnutelně povede i k efektivnímu přístupu ke zdrojům (Liker,2008).

Historický kontext

Snahy o efektivní a racionální uspořádání výroby jsou staré jako průmyslová výroba sama. Svými myšlenkami se o rozvoj této oblasti velkou měrou zasloužili např. F. W. Taylor svým vědeckým přístupem k managementu, manželé Gilbertovi snahami o snížení průběžné doby výroby či Henry Ford průkopnickým zavedením montážních linek počátkem 20. století (Tomek, Vávrová, 2014).

Největší zlom v rozvoji myšlenek a přístupů Štíhlé výroby je však datován do 50. let 20. století v Japonsku. Válkou zdevastovaná země s omezenými přírodními i kapitálovými zdroji neposkytoval výrobcům vhodné podmínky pro hromadnou výrobu, na které se mohli spolehnout např. výrobci v USA. Poměrně malý japonský trh neprodukoval takovou poptávku po vozech, aby umožňoval výrobcům vyhradit každému modelu vlastní výrobní linku. Za těchto okolností vyvstala potřeba vymyslet systém výroby, který současně dosahuje vysoké jakosti, nízkých nákladů, krátkých průběhových dob a vysoké flexibility. Této šance se více než kdo jiný chopila firma Toyota a začala vytvářet systém výroby, dnes známý jako TPS (Liker, 2008).

Větší pozornosti systému štíhlých zásad se mimo japonské souostroví dostalo v 90. letech 20. století v USA, když si američtí výrobci všimli nebývalého podnikatelského úspěchu firmy Toyota a začali zkoumat jeho příčiny. Toyota vykazovala ve všech podstatných ukazatelích, jakými jsou zisk, tržní kapitalizace, výnos na aktiva firmy, počet prodejů, délka vývoje produktu či spolehlivost automobilů znatelně lepší výsledky než konkurenční firmy a tyto pak začaly přejímat některé zásady, na kterých Toyota svůj úspěch postupně vybudovala (Liker. 2008). Dnes jsou principy TPS součástí výrobních systémů mnoha automobilových výrobců, včetně ŠKODA AUTO. V dalším textu této práce budou blíže popsány některé z nástrojů vycházející z TPS, které mají přímý vliv na využití výrobních kapacit.

Principy Štíhlé výroby

Z důvodu názornosti bývají jednotlivé složky Štíhlé výroby znázorňovány jako stavební kameny, které dohromady tvoří tzv. chrámový model. Autorem tohoto modelu je Fujio Ocho a ačkoliv se vyskytuje v různých variacích, hlavní principy zůstávají stejné. Hlavními součástmi tohoto modelu jsou základy, sloupy a střecha a celý chrám je pevný tak, jako jeho nejslabší součást.

Při popisu modelu se začíná netradičně od střechy, již tvoří cíle nejlepší jakosti, nejnižších nákladů, nejkratší průběhové doby, nejvyšší bezpečnosti a vysoké morálky. Levý pilíř tvoří systém Just-in-Time (JIT), který zajišťuje maximální možné snížení materiálových zásob a zároveň se snaží přizpůsobit takt výroby poptávce zákazníků a vytvořit ideální jednokusový tok. Z pravé strany je střecha podepřena pilířem *Jidoka*, která mimo jiné umožňuje tento tok zastavit, vyskytne-li se vadný díl a významně tím napomáhá ke zvyšování kvality. JIT i *Jidoka* budou podrobněji popsány v následující kapitole.

Jádro celého modelu tvoří lidé, týmová práce a filosofie neustálého zlepšování (*kaizen*). Základy tvoří standardizované, stabilní a spolehlivé procesy, vyrovnaný harmonogram výroby (*heijunka*), vizuální řízení a filosofie firmy Toyota, která upřednostňuje dlouhodobé zásady před krátkodobými finančními cíli (Liker, 2008). Obrázek 1 výše popsaný chrámový model TPS znázorňuje.



Obrázek 1: Schéma TPS jako příklad systému Štíhlé výroby

Zdroj: Zpracováno podle Liker, 2008

Vybrané metody Štíhlé výroby

Po pochopení základních principů, historického kontextu a struktury Štíhlé výroby je vhodné zaměřit se na její metody. Tyto metody je třeba chápat jako součást celku a najdeme je v různých obměnách nejen v chrámovém modelu TPS, ale i v jiných produkčních systémech Toyotou inspirovaných. Byly vybrány ty metody, které jsou relevantní vzhledem ke zkoumanému výrobnímu zařízení.

7 druhů plýtvání

Pro lepší pochopení metod systémů Štíhlé výroby je nejprve zapotřebí nadefinovat oblasti, na něž se systém jako takový zaměřuje. Jednou z takových oblastí jsou ztráty (*muda*). *Muda* je souhrnným označením aktivit, které výrobku nepřidávají žádnou přidanou hodnotu (Imai, 2005, s. 79). V každém z následujících odstavců bude popsána jedna ze 7 kategorií plýtvání, které TPS rozlišuje.

Nadprodukce způsobuje plýtvání surovinami, energetickými i lidskými zdroji, kapacitou výrobního zařízení i výrobních a skladovacích prostor, způsobuje zbytečné vázání kapitálu, zvyšuje administrativní zátěž a nároky na vnitropodnikovou logistiku. Kromě toho zakrývá nadprodukce problémy, které nejsou řešeny, protože výpadky mohou být nahrazeny zásobou polotovarů, která je vždy k dispozici.

Nadbytečné zásoby představují další druh plýtvání a je proto potřeba je omezit na minimum. Mezi zásoby se počítají rozpracované výrobky, polotovary, finální produkty, náhradní díly a součástky. Tyto zásoby nevytvářejí žádnou přidanou hodnotu, naopak zabírají místo a stojí podnik cenné kapacity všeho druhu. Jako důsledek nadprodukce také přispívají k neřešení problémů, které zůstávají skryty.

Zmetky a jejich případná oprava stojí podnik značné prostředky. Často zmetek nejde opravit a musí se vyhodit, což představuje ohromné plýtvání zdroji. Stroje by proto měly být vybaveny mechanismem schopným proces zastavit, jakmile se objeví vadné výrobky, aby se tím předešlo ještě většímu plýtvání.

Zbytečný pohyb nepřidává výrobku žádnou hodnotu a měl by být eliminován. Při odstraňování tohoto plýtvání je často potřeba změnit uspořádání pracoviště tak, aby se zbytečný pohyb omezil na minimum a zároveň aby byly splněny ergonomické požadavky.

Nadměrné zpracování se od předchozích druhů plýtvání liší v tom, že během něj dochází k přidávání hodnoty výrobku. Nevhodně zvolená technologie však může způsobit plýtvání i během zpracování. Příkladem mohou být neproduktivní údery lisu či zbytečně dlouhý náběh zařízení; na tyto ztráty je třeba pohlížet stejně jako na zbytečný pohyb u lidí a eliminovat je.

Čekání je posledním ze sedmi druhů plýtvání, které TPS rozlišuje. K tomuto druhu plýtvání dochází, čekají-li pracovníci na další krok procesu, např. na dodávku, součást, nástroj apod. V mezičase zpravidla jen postávají, popř. dohlížejí na automatizované výrobní zařízení a nepřidávají žádnou hodnotu.

Zbytečná doprava a přemísťování

Doprava materiálu je sice nezbytnou součástí výrobního procesu, ale nepřidává žádnou hodnotu a stojí značné úsilí. Eliminovat zbytečnou dopravu lze například sloučením dvou oddělených procesů vyžadujících dopravu tak, aby se obešly bez dopravy.

K výše jmenovaným druhům plýtvání přidává Liker ještě osmý druh, a sice **nevyužitou tvořivost zaměstnanců**. Tato tvořivost zahrnuje nevyužitě nápady, dovednosti a příležitosti k učení a je v plném souladu s filosofií TPS, která právě na lidi klade velký důraz (2008, s. 56).

Jidoka

Jidoka tvoří pravý pilíř v chrámovém modelu Štíhlé výroby. Jeho hlavním přínosem je zajišťování jakosti přímo na pracovišti tím, že se zabrání přesunu vadného kusu do následujícího procesu výroby. Tím se zajistí rychlé nalezení příčiny problému a ušetří se prostředky, které by byly vynaloženy, kdyby se výrobní linka nebyla zastavila.

V praxi jsou výrobní linky vybaveny šňůrami *andon*, přičemž každý člen týmu má povinnost zatáhnout za šňůru pokaždé, když má podezření na něco nestandardního. Zatažením za šňůru způsobí rozsvícení varovného světla nad segmentem, v němž problém vznikl. Nevyřeší-li se problém před přesunem dotyčného výrobku do dalšího segmentu, dojde k rozsvícení červeného světla a k zastavení daného segmentu výrobní linky. V systému TPS mají jednotlivé segmenty pouze malé pojistné zásoby, a tak mohou problémy v segmentu A rychle přejít v problémy v navazujícím segmentu B. Při zastavení výrobní linky v jednom segmentu může díky těmto zásobám pracovat segment B jen zhruba 7-10 minut, než se problém v segmentu A vyřeší. V opačném případě dojde i k zastavení segmentu B a v krajním případě i celé výrobní linky. Tato skutečnost přispívá ke kultuře neustálého zlepšování *kaizen* a děláním věcí správně hned napoprvé (Liker, 2008).

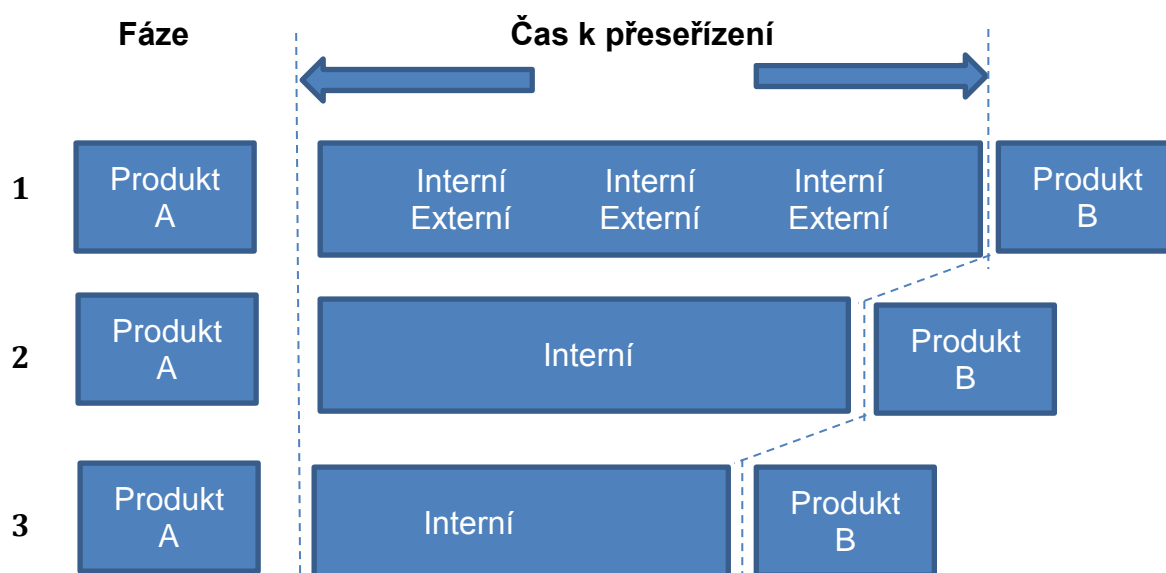
Kaizen

Slovo *kaizen* pochází z japonštiny a znamená neustálé zdokonalování. V chrámovém modelu Štíhlé výroby je uprostřed a značí neustálou potřebu zlepšování a hledání nových cest k dokonalosti. V kontrastu s inovačním přístupem ke zlepšování, který upřednostňuje skokové změny, stojí velké náklady a je spojen s nejistými výsledky jde *kaizen* cestou postupného zdokonalování malými kroky; v konečném důsledku však přináší dramatické výsledky. Někteří autoři dokonce připisují filosofii *kaizen* zásadní podíl na japonském ekonomickém úspěchu. *Kaizen* má v dlouhodobém měřítku vliv nejen na zlepšené využití výrobních kapacit, ale také na spokojenost zaměstnanců a to při zachování nízkých nákladů (Imai, 2005).

SMED

Důležitým nástrojem pro maximalizaci využití výrobních kapacit je metoda SMED – z anglického Single Minute Exchange of Dies. Tato metoda si klade za cíl minimalizovat dobu prostojů výrobního zařízení způsobenou přeseřizováním, například při přechodu výroby z jednoho výrobku na druhý. Cíl je dosažen ve chvíli, kdy se přeseřizování stroje uskuteční během jediného výrobního taktu, čímž se zajistí plynulý tok výrobku a vysoká variabilita výroby (Conrad, 2016, 51).

Základní myšlenka metody spočívá v rozdělení činností nutných k přeseřizení na interní a externí – tedy takové, pro jejichž bezpečné provedení je potřeba provoz stroje přerušit, resp. takové, které lze provést za běhu stroje. Externí činnosti jsou pak na základě organizačních opatření provedeny již za běhu stroje. Dalším krokem metody SMED je důsledná analýza stávajícího procesu a prověření, zda některé z interních činností nelze zcela vypustit či převést na externí a tedy dále snížit čas nutný k přeseřizení. Při provádění tohoto kroku si již většinou nelze vystačit s organizačními opatřeními, ale je zapotřebí investovat např. do technického vybavení pracoviště. K dosažení co nejkratšího času přeseřizení pak mohou být v další fázi optimalizovány jak interní, tak externí činnosti, stejně jako pořadí jednotlivých operací přeseřizení a nasazení personálu. Obrázek 2 tento postup znázorňuje (Baszenski, 2008).



Obrázek 2: Snížení času k přeseřizení využitím metody SMED

Zdroj: Zpracováno podle Baszenski, 2008

5S

5S je souhrnem opatření, které vedou ke zpřehlednění pracoviště, identifikace problémů na první pohled, zvýšení efektivity práce, omezení plýtvání a osvojení sebedisciplíny zaměstnanci. 5S obsahuje kroky, které je potřeba dodržet v daném pořadí (Imai, 2005, s. 70):

1. *Sort* (roztřídit): určete, co je na pracovišti nezbytné a všeho zbytečného se zbavte
2. *Straighten* (srovnat): zajistěte dobrý přístup ke všem potřebným věcem
3. *Scrub* (vyčistit): udržujte pracovní plochy a nástroje v čistotě, odstraňte zdroje znečištění
4. *Systematize* (systematizovat): u čištění a kontroly udělejte rutinní záležitost
5. *Standardize* (standardizovat): z předchozích kroků udělejte nekončící opakovaný proces, který se neustále zdokonaluje

TPM

Total Productive Maintenance (TPM), do češtiny překládaná jako Totálně produktivní údržba, je koncept efektivního managementu údržby navržený americkým statistikem W. E. Demingem v 50. letech minulého století v době jeho působení na japonském souostroví. Dále je dle Mobleyho TPM programem nulové poruchovosti a prostojovosti a vyzdvihuje význam partnerství mezi různými funkčními odděleními firmy – výroby, údržby, engineeringu a technických služeb (2002, s. 15). Terry Wireman zachází v popisu rozsahu TPM ještě o krok dál a definuje jej jako souhrn produktivních údržbářských aktivit, jež jsou prováděna **všemi zaměstnanci** (2004, s. 1).

Cíle TPM

Wireman dále uvádí, že mezi 5 hlavních cílů TPM patří zlepšení celkové efektivity zařízení, zlepšení efektivity a účinnosti údržby, prevence údržby, trénink zaměstnanců a jejich zapojení do rutinních činností údržby (2004, s. 2-4).

Zlepšení celkové efektivity zařízení (OEE)

Tento cíl je ústředním bodem celého TPM. Všechny ostatní dílčí cíle jsou bezpředmětné, pokud nepodporují zařízení v dosahování maximálního výkonu, na který byly specifikovány.

Zlepšení efektivity a účinnosti údržby

Naplnění tohoto cíle závisí na dvou bodech: Zprv na nalezení způsobu údržby, který je pro to které zařízení nákladově efektivní. Dosažení nákladové efektivity je dlouhodobý proces a v rámci TPM je jedním z kroků k jejímu dosažení vedení

dlouhodobých záznamů o provedených údržbářských pracích, které útvaru údržby poskytnou relevantní data pro rozhodování. Kromě toho je vhodné, aby tato data využila i oddělení vývoje či nákupu, aby je využila k identifikaci a eliminaci možných problémů, ještě než vůbec nastanou. Další cestou je standardizace, která umožňuje redukovat skladové zásoby náhradních dílů a snižovat náklady na školení zaměstnanců. Zadruhé musí údržba způsobovat co nejmenší možný vliv na nedostupnost zařízení. Klíčová je zde komunikace mezi útvary výroby a údržby.

Prevence údržby

Hlavním záměrem tohoto cíle je nevykonávat žádné zbytečné údržbářské práce. Základem pro rozhodování jsou i v tomto případě záznamy o provedených pracích. Tyto práce mají být v dlouhodobém horizontu redukovány na minimum prováděním interních či dodavatelských změn na produktech a strojních zařízeních.

Trénink zaměstnanců

Operátoři a další pracovníci musí ovládat takové schopnosti a dovednosti, aby přispěli k rozvoji systému TPM ve firmě. Při prosazování tohoto cíle a pro získání užítku z tréninku zaměstnanců je potřeba pracovníky nejen zaškolit, ale také jim naslouchat. Při zamítnutí některého ze zlepšovacích návrhů podaného ze strany zaměstnanců je potřeba udat rozumný důvod, jinak hrozí ustrnutí komunikace směrem nahoru a užitek plynoucí ze školení zaměstnanců může zůstat nevyužit.

Zapojení operátorů do rutinní údržby

Zhruba 10-40 % úkolů rutinní údržby může být vykonáno výrobními operátory. Cílem tohoto opatření však není zredukovat stavy v útvaru údržby, ale spíše jim dát čas se přeorientovat na techničtější a odbornější aspekty TPM.

Přínosy TPM

Nasazení TPM se projevuje zlepšením ukazatelů v různých oblastech. Odborná literatura uvádí například 100-200% nárůst v produktivitě, až 500% pokles poruch, pokles zmetkovosti o 100 % a redukce stížností zákazníků o 50 %. Na nákladech na údržbu lze ušetřit až 30 %, stejně tak jako na nákladech za energii. Zvyšuje se obrátkovost v inventáři náhradních dílů, a to až o 100 %, zatímco objem těchto

zásob klesá až o 50 %. Za zmínku stojí i zlepšení morálky pracovníků projevující se 200% nárůstem v počtu zlepšovacích návrhů (Wireman, 2004, s. 4-5). Lze usuzovat, že takto vynikající zlepšení je možno očekávat pouze tehdy, je-li výchozí stav krajně neuspokojivý a dojde-li k naplnění všech cílů TPM na 100 %.

1.5 Vybrané aspekty ovlivňující celkové využití výrobních kapacit

Aspektů ovlivňujících celkové využití kapacit výrobní jednotky existuje celá řada. Dle odborné literatury je kapacita výrobní jednotky ovlivněna např. technickou úrovní strojů a výrobních zařízení, dobou jejich činnosti, organizací práce a výroby, kvalifikací pracovních sil či druhem použitých surovin (Synek a kol, 2011).

Dalším významným faktorem ovlivňujícím celkové využití výrobních kapacit je systém údržby strojních zařízení. Odhady podílu nákladů na údržbu na celkových provozních nákladech závodu se pohybují od 14-25 % (Kister a Hawkins, 2006, s. 30) až po rozmezí 15-60 % (Moblely, 2002, s. 1). Jak dále uvádí Mobley, výše nákladů spojená s údržbou silně závisí na průmyslu – zatímco dolní hranice se vztahuje např. k potravinářskému průmyslu, náklady na údržbu ve výši až 60 % lze očekávat v některých těžkých hutních a těžbařských provozech. Firmy vykazující takto vysoký podíl nákladů na údržbu na celkových provozních nákladech pak ztrácejí konkurenceschopnost vůči firmám, které dokázaly tyto náklady redukovat. Je pak v zájmu každé firmy, aby přestala vnímat údržbu pouze jako nutné zlo, ale naopak hledala způsoby k jejímu zefektivnění. Existují tři základní přístupy k provádění údržby: reaktivní, preventivní a prediktivní (Moblely tamtéž).

Reaktivní údržba

Reaktivní údržbou se rozumí systém údržby strojních zařízení, která se řídí jednoduchým heslem: „Pokud to není rozbité, neopravuj to“. Spíše než o systém údržby se tak jedná o systém oprav v důsledku zanedbané údržby. V systému reaktivní údržby nejsou prováděny žádné údržbářské práce, dokud nedojde k poruše. V důsledku reaktivní údržby musí být firma stále připravena reagovat na jakékoliv poruchy, které v továrně mohou nastat, což způsobuje enormní náklady

na náhradní díly, které musí být neustále k dispozici a dochází tak ke zbytečnému vázání kapitálu. Alternativou jsou spěšné dodávky dílů, je-li k dispozici spolehlivý dodavatel, tyto však spolu také nesou zvýšené náklady a snížený disponibilní výrobní čas. Kromě výše zmíněných nevýhod způsobuje systém reaktivní údržby také zvýšené náklady na personál kvůli přesčasům a vysoké prostoje strojů.

Při zohlednění jmenovaných faktorů je nasnadě, že tento na první pohled minimalistický a zbytečným činnostem se vyhýbající systém údržby je ve skutečnosti nejdražším možným způsobem zajištění údržby. Oprava v důsledku výpadku zařízení způsobí v konečném důsledku v průměru 3x větší náklady, než oprava provedená preventivně (Mobley, 2002, s. 3). Pro lepší pochopení důvodu takto značného rozdílu v nákladech je potřeba započítat nejen náklady přímé, ale i nepřímé. Způsob dělení nákladů na této bázi popsal Žilka (2013, s. 75-84). Do přímých nákladů řadí:

- náklady spojené se střediskem údržby (určené pomocí metody HNS³),
- náklady na náhradní díly a materiál,
- náklady na externě prováděnou službu.

Do nepřímých nákladů Žilka řadí ty náklady, které nelze jednoznačně přiřadit středisku údržby. Jedná se například o:

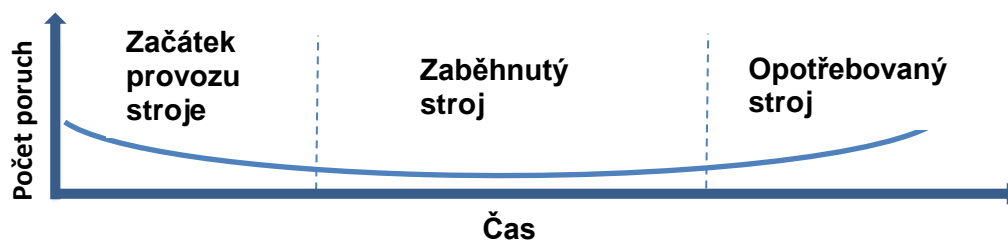
- náklady ztracené výrobní kapacity,
- náklady na neshodné výrobky,
- náklady na penále z prodlení,
- náklady na vázanost kapitálu,
- náklady neefektivní výroby kvůli snížené produktivitě zařízení,
- ostatní náklady.

Preventivní údržba

Preventivní údržba je systémem údržby, který jako kritérium provádění údržbářských prací považuje čas. Může se jednat o uplynulý čas či o počet odpracovaných hodin. Při tvorbě preventivního plánu údržby se přitom vychází

³ Hodinová nákladová sazba

z životního cyklu stroje, který předpokládá různé rozdělení četnosti poruch v čase. Obrázek 3 tuto závislost znázorňuje.



Obrázek 3: Typická závislost výskytu poruch v průběhu životního cyklu stroje

Zdroj: Zpracováno podle Mobley, 2002, s. 4

Nutno podotknout, že tato závislost výskytu poruch je velmi obecná a může se u jednotlivých strojů lišit. Pro efektivní systém preventivní údržby je potřeba vytvořit charakteristiku MTBF⁴ (1.8) – střední doba mezi poruchami – pro jednotlivá strojní zařízení a jejich součásti a na tomto základě vytvořit plán údržby. Pro vyjádření ukazatele MTBF potřebujeme nejprve zjistit intenzitu poruch (Žilka, 2013, s. 44):

$$\lambda = \frac{\text{počet poruch během provozu}}{\text{celkový provozní čas}} . \quad (1.8)$$

Střední dobu mezi poruchami (1.9) lze definovat jako obrácenou hodnotu intenzity poruch:

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} = \frac{\text{celkový provozní čas}}{\text{počet poruch během provozu}} . \quad (1.9)$$

Druhým významným ukazatelem pro hodnocení efektivity systému údržby je střední doba opravy – MTTR⁵ (1.10), která se dá vyjádřit následujícím způsobem:

$$MTTR = \frac{\text{celková doba oprav}}{\text{počet poruch během provozu}} . \quad (1.10)$$

⁴ Mean Time Between Failures

⁵ Mean Time To Repair

MTBF tedy hodnotí spolehlivost stroje, zatímco MTTR udává rychlost provedení údržby. Cílem každého systému údržby je maximalizovat střední dobu mezi poruchami (MTBF) a zároveň minimalizovat střední dobu opravy (MTTR). Schopnost systému údržby naplňovat tyto požadavky lze vyjádřit jako ukazatel spolehlivosti A (1.11). Tento ukazatel může nabývat hodnot mezi 0 a 1, přičemž nejspolehlivější zařízení se blíží k 1. Jeho výpočet je následující:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} . \quad (1.11)$$

Preventivní údržba je pokročilejším systémem údržby než údržba reaktivní, nicméně i tento systém má svá omezení. Mohou tak například být prováděny zbytečné údržbářské práce, protože charakteristika MTBF již předepisuje výměnu určité části stroje, ačkoliv ta ještě není opotřebovaná. Druhou možností je opačná situace, kdy by dle charakteristiky MTBF ještě nemělo k defektu dojít, ale přesto k němu dojde. V takovém případě musí být údržba provedená reaktivně se všemi nevýhodami s tím spojenými (Moblely, 2002).

Prediktivní údržba

Základní charakteristikou prediktivní údržby je její orientace na skutečný stav či opotřebení daného stroje, nikoliv na stanovený časový plán, jako je tomu u údržby preventivní. Cílem prediktivní údržby je prodloužit intervaly mezi jednotlivými opravami a minimalizovat počty defektů. Tohoto cíle lze dosáhnout sledováním určitých parametrů a jejich průběžným vyhodnocováním; sledované parametry se liší podle charakteristiky stroje a dalších faktorů. Mezi pět nejčastějších technik užívaných pro získání relevantních dat patří: vibrodiagnostika, sledování procesních parametrů, termodiagnostika, tribodiagnostika a vizuální kontrola. Tato získaná data jsou základem pro stanovení rozvrhu údržby (Moblely, 2002).

Tématem této kapitoly byly trendy a poznatky v problematice celkového využití výrobních kapacit. V úvodní části kapitoly byly definovány základní pojmy, jakými jsou výrobní kapacita, časový fond práce zařízení, efektivita výroby a nastíněny způsoby jejich výpočtu. Dále byl představen koncept Štíhlé výroby v historickém kontextu a byly uvedeny jeho principy a vybrané metody, které mají relevanci

vzhledem ke zkoumanému výrobnímu zařízení: 7 druhů plýtvání, Jidoka, Kaizen, SMED, 5S a TPM. Právě poslední část metod Štíhlé výroby, TPM, plynule navazovala na závěrečnou část kapitoly týkající se údržby strojních zařízení. V této části byl demonstrován podstatný vliv nákladů na údržbu v kontextu celkových provozních nákladů podniku. Dále bylo rozlišeno mezi jednotlivými systémy údržby, byly uvedeny důvody nevýhodnosti reaktivního systému a popsány způsoby, jejichž pomocí lze výkonnost systému údržbu měřit.

2 Analýza využití výrobních kapacit

Tato kapitola si klade za cíl specifikovat zkoumané výrobní zařízení a analyzovat aktuální stav, zejména s ohledem na aspekty ovlivňující využití výrobních kapacit na tomto zařízení. Jsou zde uvedeny technické údaje výrobního zařízení, znázorněny základní části stroje a princip tlakového lití, dále je popsán výrobní postup a také je analyzováno využití výrobních kapacit metodikou OEE. Na základě této analýzy je pak určena hlavní příčina nevyužití výrobních kapacit, která je pak dále analyzována.

2.1 Vymezení zkoumané oblasti

Zkoumanou oblastí je tlakový licí stroj od švýcarského výrobce Bühler typu Carat 350 compact. Stroj se nachází v závodě ŠKODA AUTO a.s. v Mladé Boleslavi, ve slévárně hliníku. Jedná se o stroj s horizontálním plnicím pístem a je určený k odlévání hliníkových, hořčíkových, zinkových či měďěných slitin.

Licí stroj je schopný vyvinout maximální uzavírací sílu 3 500 kN. Stroj v provozuschopném stavu vykazuje hmotnost 180 t. Licí stroj je vybaven plnicím pístem o průměru 140 mm, podle požadovaných parametrů však může být nahrazen pístem o velikosti 120-180 mm. Tabulka 1 uvádí parametry licího stroje při použití pístu o průměru 140 mm.

Tabulka 1: Parametry licího stroje při průměru pístu 140 mm

Průměr plnicího pístu 140 mm

| Označení | Hodnota | Jednotka |
|-----------------------------|---------|-----------------|
| Licí objem maximální | 13 341 | cm ³ |
| Licí hmotnost maximální | 33,35 | kg |
| Licí tlak maximální | 1 349 | bar |
| Rozptylová plocha maximální | 2 595 | cm ² |

Zdroj: Návod k obsluze od výrobce Bühler

Na zkoumaném výrobním zařízení jsou odlévány hliníkové bloky motorů typu EA211, které mají hmotnost 25 kg a montují se do čtyřválcových benzinových

motorů 1.4 TSI koncernu Volkswagen. Ve sledovaném období se jednalo o jediný typ bloku, který se na zkoumaném výrobním zařízení odléval (Obrázek 4).



Obrázek 4: Blok motoru typu EA211

Zdroj: Interní dokumentace ŠKODA AUTO

2.1.1 Součásti zkoumaného výrobního zařízení

Zkoumaný licí stroj sestává ze 3 hlavních modulů – uzavírací jednotky, licí jednotky a hnací skupiny. Nákresey těchto částí jsou k nahlédnutí v přílohách (příloha č. 1). Kromě těchto částí jsou součástí pracoviště ještě periferní zařízení, jako je zařízení na dávkování kovu, *thermobiehl*, odebírací zařízení, olamovadlo, vodní chlazení či rozprašovač, které licí cyklus automatizují.

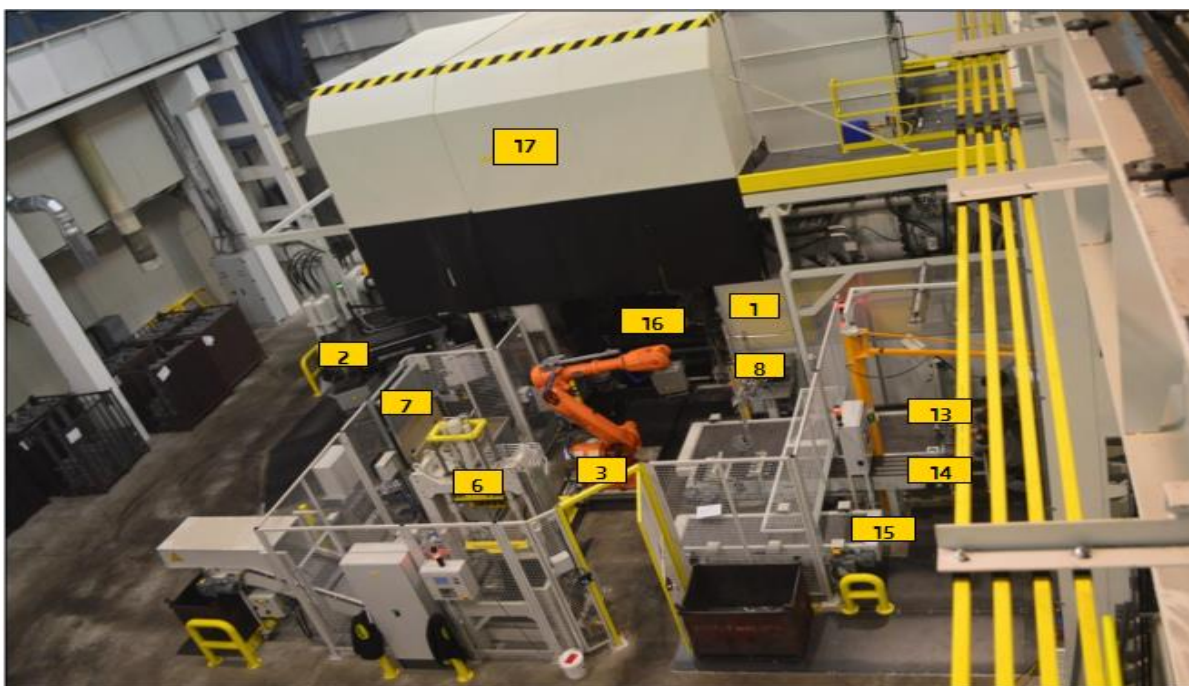
2.1.2 Princip tlakového lití

Proces tlakového lití probíhá v cyklech. Předpokladem pro zahájení cyklu je dostatečné množství roztavené slitiny v udržovací peci. Cyklus začíná uzavřením licí formy uzavíracím válcem. Poté dojde k zablokování sloupů a upínací válce udržují uzavírací silou až 3 500 kN licí formu uzavřenou. Udržovací pec nadávkuje tekutý kov do licí komory, odkud je licí jednotkou pod vysokým tlakem vtlačena do nahřáté licí formy⁶. V průběhu lití je vzduch z formy odsáván – probíhá vakuování. Po naplnění formy následuje dotlak pístem a lokální dotlak *squeezem*, čímž dojde ke zhuštění odlitku a vyrovnání úbytku ztuhnutí. Po ztuhnutí odlitku dojde k otevření licí formy a vytlačení odlitku z části formy, která se nachází na pohyblivé upínací desce. Odlitek je vyjmut odebíracím zařízením (robotem). Cyklus stroje končí ošetřením povrchu licí formy.

⁶ Formu nahřívá temperační zařízení zvané *thermobiehl*

2.1.3 Layout pracoviště a výrobní postup

Pracoviště se skládá ze samotného licího stroje a z periferních zařízení. Celé pracoviště je ohraničené bezpečnostním kovovým rámem (3). Před zahájením samotného lití je nutné naplnit udržovací pec (2) tekutým kovem. Poté jsou z dopravníku (14) odejmuty vložky válců a manipulačním robotem (16) vloženy do formy licího stroje (17). Po ukončení procesu tlakového lití je odlitek odebrán a řídicí jednotka vyhodnotí důležité parametry, jakými jsou například rychlost a tlak lití. Není-li některý z parametrů v toleranční mezi, je odlitek vložen na dopravník s n.i.O. díly a odtud do kontejneru k opětovnému roztavení. Odlitek, který splňuje parametry, je vložen do chladicí vany (7) Takto ochlazený odlitek je poté zbaven technologických přetoků na olamovadle (6). Poté je na razící stanici do odlitku vyražen unikátní identifikační kód (8). Po vyražení kódu je odlitek přemístěn na dopravník s i.O. díly (13). Odlitek poté podstupuje ruční apretaci⁷ a je uložen na žihací paletu. Jednotlivé části pracoviště jsou zobrazeny na Obrázek 5.



Obrázek 5: Licí stroj Bühler s periferními zařízeními

Zdroj: Interní dokumentace ŠKODA AUTO

⁷ Ruční apretace je odstraňování nálitků, přesahů a nečistot ze strojově obtížně dosažitelných míst

2.2 Celková efektivita zkoumaného výrobního zařízení

Pro určení celkové efektivitavy zkoumaného výrobního zařízení bude použita metodika OEE. Kromě výše uvedeného záměru je metodika OEE vhodná také pro identifikaci nedostatků a odhalení potenciálu. Pro výpočet charakteristiky OEE zkoumaného výrobního zařízení je dle vztahu (1.4) zapotřebí určit jeho dostupnost, výkon a kvalitu. **Všechny údaje v této kapitole uvedené se vztahují ke sledovanému období, tj. 1. 1. 2017 – 30. 6. 2017.**

2.2.1 Dostupnost zkoumaného výrobního zařízení

Pro výpočet *dostupnosti* zkoumaného výrobního zařízení je potřeba podle vztahu (1.5) určit jeho efektivní časový fond a dobu trvání neplánovaných prostojů. Efektivní časový fond ve sledovaném období činil přibližně 3150 hodin. Tabulka 2 ukazuje postup při výpočtu efektivního časového fondu.

Tabulka 2: Výpočet efektivního časového fondu

| | | |
|---|------------------|-----|
| Pracovní den | 1440,00 | Min |
| Pauzy na jídlo | -90,00 | Min |
| Provozní čas | 1350,00 | Min |
| Zákonné přestávky během směny | -30,00 | Min |
| Organizace | -15,00 | Min |
| Technické ztráty | -66,00 | Min |
| Čistý provozní čas | 1239,00 | Min |
| TPM/den ⁸ | -27,16 | Min |
| Změna sortimentu + vzorkování | -71,00 | Min |
| Efektivní časový fond / 24h | 1140,84 | Min |
| Počet pracovních dnů v týdnu ⁹ | 6,50 | Dne |
| Počet pracovních dnů ve sledovaném období | 165,50 | |
| Efektivní časový fond ve sledovaném období | 188809,02 | Min |
| | 3146,82 | Hod |

Zdroj: Interní dokumentace ŠKODA AUTO

Neplánované prostoje za sledované období trvaly přibližně 1030 hodin. Výsledku

⁸ TPM není prováděno denně, jedná se přepočítání rozsahu TPM ve sledovaném období na pracovní dny

⁹ V pracovní dny a v neděli zajišťují směny nepřetržitý 24h provoz. V sobotu se pracuje na jednu 12h směnu

bylo dosaženo odečtením doby trvání plánovaných prostojů¹⁰ od celkové doby prostojů, jak ukazuje Tabulka 3.

Tabulka 3: Výpočet neplánovaných prostojů

| | | |
|--|----------------|------------|
| Celkové prostoje za sledované období ¹¹ | 1572,08 | Hod |
| Plánované prostoje za sledované období | -543,45 | Hod |
| Neplánované prostoje | 1028,63 | Hod |

Zdroj: Interní dokumentace ŠKODA AUTO

Ze vztahu (1.5) lze určit *dostupnost* zkoumaného zařízení podle vzorce:

$$Dostupnost = \frac{E\check{C}F - neplánované\ prostoje}{E\check{C}F}$$

Dosazení do vzorce:

$$Dostupnost = \frac{3146,82 - 1028,63}{3146,82} = 0,6731$$

Dostupnost zkoumaného výrobního zařízení ve sledovaném období činila přibližně 67 %.

2.2.2 Výkon výroby zkoumaného výrobního zařízení

Při stanovení *výkonu výroby* je dle vztahu (1.6) potřeba zjistit normovaný výkon zařízení a tento porovnat se skutečným výkonem. Normovaný výkon pro zkoumané výrobní zařízení činí 120 s / odlitek. Pro potřeby výpočtu je vhodné převést tento údaj do tvaru počet odlitků / hod., čímž vyjde hodnota 30 odlitků / hod. Ostatní údaje potřebné pro výpočet výkonu zkoumaného výrobního zařízení ve sledovaném období jsou již známé.

Hodnota ukazatele *výkon výroby* se pak určí jako podíl normovaného výkonu a skutečného výkonu, přičemž normovaný výkon je definován podle skutečného operačního času výkonnostní normy v ks / hod. (1.6):

$$Výkon\ výroby = \frac{Skutečné\ množství\ vyrobených\ výrobků}{E\check{C}F * dostupnost * normovaný\ počet\ kusů/hod}$$

¹⁰ Do plánovaných prostojů byly zahrnuty normované technické ztráty, změny sortimentu + vzorkování, organizační ztráty a doba vyhrazená pro provádění TPM

¹¹ Podrobnější informace o celkových prostojích lze nalézt v Příloze 3

$$Výkon výroby = \frac{63202}{3146,82 * 0,6731 * 30} = 0,9949$$

Výkon výroby na zkoumaném výrobním zařízení ve sledovaném období činil přibližně 99 %.

2.2.3 Kvalita výroby zkoumaného výrobního zařízení

Při stanovení kvality výroby je dle vztahu (1.7) potřeba zjistit množství vyrobených výrobků a množství shodných výrobků. Tabulka 4 ukazuje postup určení množství shodných výrobků.

Výpočet kvality výroby

| | |
|---|--------------|
| Množství vyrobených výrobků během ef. čas. fondu | 59309 |
| Počet vadných kusů – interní | -1485 |
| Počet vadných kusů – externí | -2426 |
| Množství shodných výrobků | 55392 |

Tabulka 4: Postup určení množství shodných výrobků

Zdroj: Interní dokumentace ŠKODA AUTO

Z celkového množství vyrobených odlišků bylo odečteno 3893 kusů, jež byly odlity v rámci *změn sortimentu a vzorkování* a tudíž nespádaly do efektivního časového fondu, na nějž se výpočet OEE vztahuje. Při výpočtu efektivního časového fondu byly již tyto kusy zohledněny v řádku „*změna sortimentu + vzorkování*“. Hodnota ukazatele *kvalita výroby* se pak určí jako podíl množství shodných výrobků na celkovém množství vyrobených výrobků (1.7):

$$Kvalita výroby = \frac{Množství shodných výrobků}{Množství vyrobených výrobků}$$

Dosazení do vzorce:

$$Kvalita výroby = \frac{55392}{59309} = 0,9340$$

Kvalita výroby na zkoumaném výrobním zařízení ve sledovaném období činila přibližně 93 %.

2.2.4 Stanovení celkové efektivity zkoumaného výrobního zařízení (OEE)

Při znalosti dostupnosti, výkonu a kvality výroby na zkoumaném výrobním zařízení lze dle vztahu (1.4) spočítat celkovou efektivitu výroby (OEE):

$$OEE = Dostupnost * Výkon zařízení * Kvalita výroby$$

Dosazení do vzorce:

$$OEE = 0,67 * 0,99 * 0,93 = 0,6169$$

Celková efektivita výroby na zkoumaném výrobním zařízení ve sledovaném období činila přibližně 62 %.

Největší podíl na celkovém nevyužití výrobních kapacit měla nízká *dostupnost zařízení*, způsobená neplánovanými prostoji. Tato *dostupnost* činila ve sledovaném období zhruba 67 %. Je však potřeba mít na paměti, že se toto číslo vztahuje k efektivnímu časovému fondu, nikoliv k celkovému provoznímu času. Je tedy silně ovlivněno tím, jak velká část prostojů je zařazena mezi prostoje plánované. Z tohoto důvodu vyvstává potřeba sledování a kontroly, aby prostoje zařazené do kategorie plánovaných odpovídaly co do rozsahu a podstaty své definici a nezkreslovaly tak ukazatel OEE.

Výkon zařízení činil ve sledovaném období asi 99 %. Tento ukazatel je závislý jak na správném výpočtu efektivního časového fondu a dostupnosti, tak, a to zejména, na správné výkonové normě za časovou jednotku. Při nevhodně zvolené výkonové normě může být výkon zařízení podhodnocen, je-li norma nereálně vysoká, nebo naopak nadhodnocen, je-li výkonová norma příliš mírná. Je proto zapotřebí sledovat a kontrolovat, zda je výkonová norma stanovena podle správně, a to podle současných možností výrobního zařízení. Dalším faktorem, který mohl nadhodnotit skutečný výkon sledovaného výrobního zařízení, mohla být paradoxně vysoká zmetkovitost. Řídicí systém neustále vyhodnocuje parametry lití a při zjištění neshody s požadavky dochází k předčasnému odejmutí odlitku z pracoviště, což se v konečném důsledku promítne do statistik jako „zrychlení“ výrobního taktu.

Kvalita výroby na zkoumaném výrobním zařízení dosáhla ve sledovaném období hodnoty asi 93 %. Zde je však nutno podotknout, že do výpočtu nebylo zahrnuto celkem 3893 kusů, jež byly vyrobeny v rámci *změn sortimentu a vzorkování*, které nastávají zejména po výměnách forem a dalších prostojích. Na tomto místě je důležité připomenout, že po celou dobu sledovaného období byl na zkoumaném výrobním zařízení odléván pouze jeden typ bloku motoru. Tzv. *změny sortimentu* tedy nijak nesouvisí s nutným přeseřizováním stroje v souvislosti se změnou odlévaného typu odlitku.

Při zahrnutí těchto 3893 kusů mezi neshodné kusy by hodnota ukazatele *kvality výroby* kleskla na necelých 88 %. V tomto případě by tak výrobní prostoje negativně ovlivňovaly nejen *dostupnost* zařízení, ale i *kvalitu výroby*. Pro větší vypovídající schopnost ukazatele *kvality výroby* se tedy jeví jako vhodné upravit normu pro *změnu sortimentu a vzorkování* tak, aby se odlitky v rámci této procedury odlité promítly do celkové hodnoty ukazatele *kvalita výroby*.

Ze samotných hodnot jednotlivých ukazatelů lze největší potenciál identifikovat v *dostupnosti zařízení*. I s ohledem na skutečnost, že opakující se prostoje negativně ovlivňují nejen *dostupnost zařízení*, ale vlivem následných náběhů a vzorkování i *kvalitu výroby*, pokračuje práce analýzou aspektů snižujících *dostupnost* zkoumaného výrobního zařízení.

2.3 Analýza aspektů snižujících dostupnost zkoumaného výrobního zařízení

Z definice ukazatele *dostupnost zařízení* je zřejmé, že dostupnost takového zařízení ovlivňuje především délka trvání neplánovaných prostojů. Pro chybějící data o detailním rozdělení prostojů jednotlivých segmentů zkoumaného výrobního zařízení na prostoje plánované a neplánované není v této analýze mezi těmito typy prostojů rozlišováno. Ve sledovaném období činily prostoje na zkoumaném výrobním zařízení celkem 1588 hodin. Tabulka 5 ukazuje procentuální podíl a absolutní hodnoty jednotlivých segmentů zkoumaného výrobního zařízení na celkové

prostojevosti ve sledovaném období:¹²

Tabulka 5: Podíl jednotlivých segmentů výrobního zařízení na prostojevosti ve sledovaném období

| | Leden | únor | březen | Duben | květen | červen | Σ | Podíl |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|
| Licí forma | 89,00 | 68,50 | 169,67 | 92,17 | 113,25 | 139,58 | 672,17 | 42,3% |
| Licí stroj | 83,42 | 111,75 | 69,50 | 55,33 | 76,33 | 42,75 | 439,08 | 27,6% |
| Squeeze | 19,67 | 7,67 | 26,92 | 21,08 | 27,25 | 82,00 | 184,58 | 11,6% |
| Udržovací pec | 44,00 | 16,92 | 43,33 | 12,33 | 3,17 | 1,92 | 121,67 | 7,7% |
| Robot | 9,00 | 6,42 | 13,83 | 13,75 | 8,33 | 17,58 | 68,92 | 4,3% |
| Thermobiehl | 3,83 | 3,67 | 6,17 | 6,92 | 5,17 | 5,58 | 31,33 | 2,0% |
| Vakuování | 3,25 | 7,92 | 2,33 | 0,50 | 9,08 | 0,67 | 23,75 | 1,5% |
| Mazání pístu | 13,33 | 0,83 | 0,67 | 4,83 | 3,67 | 0,25 | 23,58 | 1,5% |
| Zásobník na vložky | 3,08 | 0,67 | 1,08 | 2,50 | 1,00 | 4,33 | 12,67 | 0,8% |
| Olamovadlo | 0,33 | 1,00 | 2,08 | 1,42 | 3,67 | 1,83 | 10,33 | 0,7% |
| Σ | 268,92 | 225,33 | 335,58 | 210,83 | 250,92 | 296,50 | 1588,08 | 100,0% |

Zdroj: Interní data ŠKODA AUTO

Z Tabulka 5 je zřejmé, že segmentem stroje s největším podílem na celkové prostojevosti zkoumaného výrobního zařízení byla ve sledovaném období *licí forma*. *Licí forma* je proto v následujícím textu označována jako *kritická oblast*.

2.4 Analýza činitelů snižujících dostupnost zkoumaného výrobního zařízení

Ve sledovaném období bylo identifikováno několik aspektů, které mají přímý či nepřímý vliv na prostojevost kritického segmentu. Mezi tyto aspekty patří:

- Výměna licích forem
- Stav programu TPM na zkoumaném pracovišti
- Nedostatečná kvalifikace části zaměstnanců
- Způsob zaznamenávání dat o výrobních prostojech

¹² Data v Tabulce 5 pocházejí z jiného datového souboru, než data z Tabulky 3 a mezi těmito datovými soubory se vyskytují mírné diference. Úzce to souvisí s problematikou systému sběru dat, která je podrobněji rozebrána v samostatném odstavci.

Výměna licích forem

Ve sledovaném období bylo na zkoumaném výrobním zařízení provedeno celkem 17 kompletních výměn forem (demontáž + montáž). Průměrný počet zhotovených odlitků mezi jednotlivými výměnami forem činil ve sledovaném období 3738 kusů. Průměrná doba spojená s činnostmi způsobenými nutností výměny formy pak činila 16,7 hodiny. Za sledované období pak tato doba činila celkem asi 283 hodin. Tato doba zahrnuje dobu nutnou k demontáži a montáži formy a dobu potřebnou ke vzorkování – během této doby nejsou odlévány žádné bloky motorů, které by sloužily k další zástavbě. Kromě ztráty výrobního času se výměna formy negativně podepisuje na využití výrobních kapacit i z hlediska kvality. Celkový počet kusů odlitků určených ke vzorkování činil ve sledovaném období 3893 kusů.

Tabulka 6: Data k výměnám forem ve sledovaném období

| Označení použité formy | Časový interval použití formy | Počet zhotovených odlitků (ks) | Doba výměny formy (h) | Důvod výměny formy |
|------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| ? | ???.-6.1. | 0 ¹³ | 16,0 | Squeeze |
| 4 | 6.1.-30.1. | 9381 | 16,0 | Squeeze |
| 13 | 30.1.-13.2. | 5182 | 18,9 | Squeeze |
| 10 | 13.2.-5.3. | 7552 | 20,8 | poškozená vložka vodního prostoru |
| 11 | 5.3.-9.3. | 1614 | 35,7 | pevný díl |
| 9 | 9.3.-15.3. | 1730 | 10,5 | pevný díl |
| 2 | 15.3.-28.3. | 4152 | 13,6 | Squeeze |
| 12 | 28.3.-12.4. | 5404 | 11,3 | Neznámý |
| 6 | 12.4.-5.5. | 8994 | 12,4 | ulomený tvar |
| 13 | 5.5.-11.5. | 1543 | 16,3 | Squeeze |
| 2 | 11.5.-16.5. | 2261 | 12,0 | pevný díl |
| 5 | 16.5.-22.5. | 1635 | 17,7 | Squeeze |
| 11 | 22.5.-26.5. | 1017 | 24,4 | ulomený tvar |
| 15 | 26.5.-2.6. | 3025 | 16,6 | pevný díl |
| 4 | 2.6.-8.6. | 1610 | 15,1 | Squeeze |
| 9 | 8.6.-18.6. | 3832 | 12,8 | Squeeze |
| 1 | 18.6.-21.6. | 879 | 12,8 | Squeeze |
| 10 | 21.6.-??? | 0 ¹⁰ | - | poškozená vložka vodního prostoru |
| \bar{x} | - | 3738 | 16,7 | - |

Zdroj: Interní dokumentace ŠKODA AUTO

Na základě dat z Tabulka 6 lze konstatovat, že velkým problémem je jak v průměru

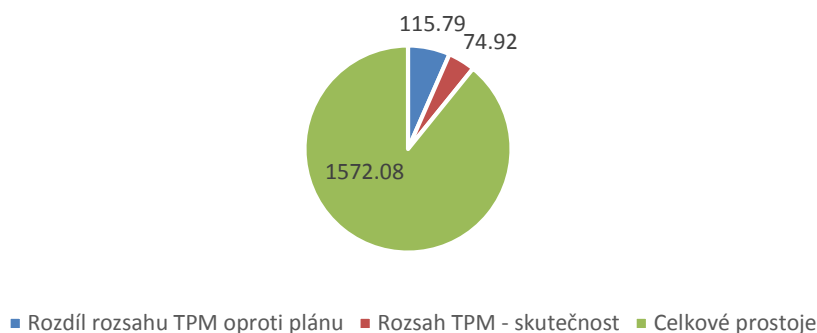
¹³ Do výpočtu průměru počtu zhotovených odlitků byly zahrnuty pouze ty formy, které byly montovány i demontovány ve sledovaném období. První a poslední forma v přehledu tedy do výpočtu nespádá.

krátký interval mezi jednotlivými výměnami, tak dlouhá průměrná doba jednotlivých výměn. Výměna formy pak byla celkem v 9 případech způsobena poruchou squeeze, ve 4 případech závadou na pevném dílu, 2x ulomeným tvarem a 2x poškozením vložky vodního prostoru.

Aktuální stav programu TPM na zkoumaném pracovišti

Pro zkoumaný licí stroj existuje plán údržby v rámci programu TPM, který předpokládá provedení určitých úkonů v měsíčních, čtvrtletních a pololetních cyklech. Podrobný výpis úkonů k provedení je vypsán v přílohách (příloha č. 2). Jak ovšem znázorňuje obrázek č. 6, činí podíl TPM na celkových prostojích zkoumaného licího stroje pouze necelých 5 %. Jak přitom vyplývá z teoretické části, pro lepší využití výrobních kapacit je nezbytně nutné provádět co nejvyšší podíl údržby proaktivním přístupem. Skutečný rozsah prací provedených v rámci TPM ve sledovaném období pak nedosáhl ani poloviny naplánovaného rozsahu (Obrázek 6).

Podíl TPM na celkových prostojích ve sledovaném období v hodinách - plán vs. skutečnost



Obrázek 6: Podíl TPM na celkových prostojích ve sledovaném období v hodinách - plán vs. Skutečnost

Zdroj: Interní data ŠKODA AUTO

Zkoumání výpisu úkonů k provedení TPM (příloha č. 2) dále ukazuje, že se mezi těmito úkony nevyskytují žádné, které by měly vliv na příčiny, které nejčastěji vedou k nutnosti výměny formy. V rámci TPM tak nenajdeme žádné úkony, které by se týkaly kritického segmentu a jeho součástí: licí formy jako takové, squeeze či pevného dílu, spíše se týká rutinní údržby strojní periferie. Data z příčin prostojů ve

sledovaném období přitom poukazují na významný podíl prostojů způsobených kritickým segmentem na celkové prostoje.

System TPM v aktuálním pojetí nesplňuje definici sebe samého. Jedním z hlavních cílů TPM je například aktivní zapojení obsluhy stroje do rutinní údržby zařízení, tedy nabourání překonané dělby práce mezi obsluhou a údržbou stroje. Provádění TPM na zkoumaném výrobním zařízení má však na starosti výlučně tým údržbářů a nikoliv obsluha strojů. Přitom na základě teoretické části práce přináší větší zapojení operátorů do rutinní údržby zlepšení pracovní morálky a spokojenosti těchto pracovníků.

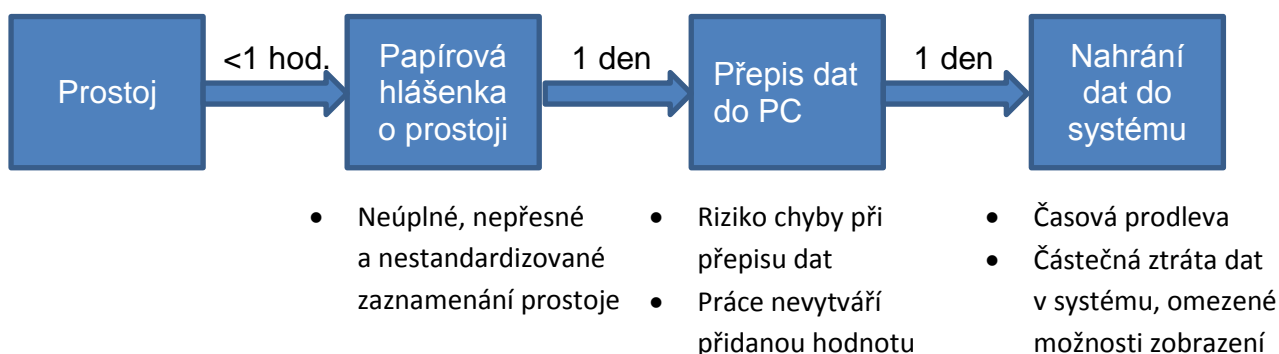
Nedodržování standardních pracovních postupů

V důsledku nedostatečné kvalifikace některých zaměstnanců dochází k nedodržování standardních pracovních postupů u mnoha úkonů týkajících se údržby stroje z důvodu nedostatečného proškolení. Tato skutečnost je jednou z příčin příliš častých výměn licích forem. Jak uvádí expert na údržbu strojního zařízení slévárny a zaměstnanec ŠKODA AUTO a.s. Ing. Jiří Měchura, formy jsou často odejmuty a dopraveny na nářadovnu, ačkoliv by rozsah jejich poškození umožňoval opravu přímo na daném pracovišti. Každá zbytečná doprava na nářadovnu přitom zkracuje disponibilní výrobní čas až o desítky hodin, protože proces výměny licí formy a náběhu formy nové je v současné době velmi zdlouhavý. Jako jednu z příčin tohoto stavu pan Ing. Měchura dále jmenuje vysokou fluktuaci zaměstnanců v provozu slévárny, přičemž se novým zaměstnancům nedostává dostatečného zaškolení k tomu, aby byli schopni řešit některé každodenní problémy přímo na pracovišti, což vede ke zvýšení prostojů na zkoumaném výrobním zařízení.

Způsob zaznamenávání dat o výrobních prostojích

Zkoumané výrobní zařízení je sice vybaveno systémem automatického sběru dat, tento způsob sběru dat však zůstává do velké míry nevyužit a stávající systém funguje na principu papírových hlášenek, které jsou manuálně přepisovány do elektronické podoby. Stávající systém sběru dat se vyznačuje časovým zpožděním, neúplností a nepřesností. Kratší prostoje se často vůbec neevidují a dochází ke zkreslení dat vlivem nepřesností a zaokrouhlování. Ve stávajícím systému se také

neviduje doba od vzniku poruchy po počátek zásahu, tím pádem nemůže být tato reakční doba sledována a průběžně snižována. Přepis dat z papírových hlášenek do elektronické podoby je činnost vyznačující se vysokou časovou náročností a značným rizikem chybovosti. Tato data jsou posléze nahrána do informačního systému, jenž však nabízí pouze velmi omezené možnosti zobrazení a analýzy těchto dat. Stávající systém sběru dat o prostojích je schematicky znázorněn na Obrázek 7.



Obrázek 7: Schematické znázornění stávajícího systému sběru dat o prostojích

V této kapitole bylo specifikováno zkoumané výrobní zařízení a analyzován aktuální stav s ohledem na aspekty ovlivňující využití výrobních kapacit. Výrobní zařízení bylo specifikováno, byl popsán princip tlakového lití a postup výroby na zkoumaném stroji. Dále bylo pomocí metodiky OEE analyzováno využití výrobních kapacit na zkoumaném výrobním zařízení ve sledovaném období. Stupeň využití výrobních kapacit byl pomocí této metodiky určen jako 62 %, což je číslo skýtající velký potenciál ke zlepšení. Rozklad tohoto čísla na jednotlivé složky ukázal, že největší potenciál skýtá dostupnost zařízení, která ve sledovaném období činila jen 67 %. Jako hlavní příčina takto nízkého využití byly identifikovány časté neplánované prostoje, spojené největší měrou s licí formou. Hlavním problémem u tohoto kritického segmentu zkoumaného výrobního zařízení jsou její příliš časté výměny a dlouhá doba těchto výměn. Neplánované prostoje úzce souvisí se systémem údržby, jehož současný stav a výkonnost byly také shledány nedostatečnými – plánovaný rozsah údržbářských prací programu TPM, obsahující navzdory jeho definici velmi úzký okruh úkonů (Příloha č. 2), nebyl ani naplněn. Určitou měrou k nízké dostupnosti zkoumaného výrobního zařízení přispěl i

nevyhovující systém sběru dat, který znemožňuje přijímání přesných a včasných rozhodnutí a je časově a personálně náročný a dále nedodržování některých pracovních postupů částí zaměstnanců z důvodu jejich nedostatečné kvalifikace. Tématem další kapitoly jsou opatření cílící k eliminaci těchto výše jmenovaných nedostatků.

3 Návrh opatření ke zvýšení využití výrobních kapacit na zkoumaném pracovišti

Tato kapitola si klade za cíl navrhnout vhodná opatření ke zvýšení výrobních kapacit na základě poznatků z kapitol předchozích. Při výpočtu OEE bylo dosaženo závěru, že největší vliv na celkové využití výrobních kapacit způsobuje nízká *dostupnost* zařízení. Z tohoto důvodu budou navrhovaná opatření směřovat zejména tímto směrem. Identifikované nedostatky včetně návrhu jejich řešení a jejich možných pozitivních a negativních důsledků jsou souhrnně uvedeny v Tabulka 7. Podrobněji rozepsány jsou pak v následujícím textu.

Tabulka 7: Tabulka nedostatků snižujících dostupnost, jejich příčiny, návrhy řešení a očekávané dopady

| Identifikovaný nedostatek | Vybrané příčiny nedostatku | Možné řešení | Očekávané pozitivní dopady | Očekávané negativní dopady |
|--|--|---|--|--|
| Vysoká prostojovost zařízení | Časté poruchy licí formy, licího stroje, squeeze a dalších kritických segmentů | Přepracování programu TPM a jeho rozšíření na kritické segmenty | Snížená prostojovost, nárůst OEE, vyšší pracovní morálka zaměstnanců | Iničiační náklady na rozšíření programu, vyšší nároky na kvalifikaci zaměstnanců |
| Dlouhá průběžná doba výměny licí formy | Dlouhá reakční doba údržby, neefektivní způsob výměny | Zavedení techniky SMED | Zkrácení průběžné doby výměny, snížení prostojovosti | Náklady na zaškolení pracovníků údržby a obsluhy zařízení |
| Nedodržování pracovních standardů | Vysoká fluktuace zaměstnanců a nedostatky v jejich zaškolení | Zvýšení kvalifikace zaměstnanců a omezení jejich fluktuace | Snížená prostojovost, vyšší kvalita výroby | Zvýšené personální náklady |

| | | | | |
|---------------------------|--|--------------------------------|---|-------------------------|
| Nevhodný systém sběru dat | Setrvání v zastaralém systému papírových hlášenek, neochota ke změně | Automatizace systému sběru dat | Vyšší spolehlivost dat a rychlost přenosu dat, odpadne duplicitní přepisování dat | Vyšší iniciační náklady |
|---------------------------|--|--------------------------------|---|-------------------------|

Přeprocování programu TPM

Stávající rozdělení údržbářských prací v rámci TPM do měsíčních, čtvrtletních a pololetních cyklů nesplňuje definici fungování systému TPM. TPM je systém, který předpokládá průběžné denní provádění údržbářských prací tak, aby reaktivní zásahy byly eliminovány na nezbytně nutné minimum.

Z tohoto důvodu se jeví jako vhodné přeprocovat systém údržby TPM tak, aby lépe odpovídal jeho vlastním principům. Je potřeba postupně navýšit podíl údržbářských prací spadajících pod TPM ze stávajících 5 % na maximální možnou míru, neboť údržbářské práce provedené proaktivně způsobují kratší prostoje a tedy větší celkovou využitelnost zařízení. Především je třeba do plánu TPM postupně zakomponovat prvky rutinní údržby u kritických segmentů stroje, tj. těch, které vykazují nejvyšší poruchovost a prostojovost, jako je licí forma, licí stroj a squeeze.

Specifickou část stroje tvoří licí forma. Zde je potřeba do hloubky analyzovat příčiny nutnosti výměny forem a tyto za použití organizačních a technologických opatření eliminovat na minimum, protože samotná forma byla ve sledovaném období zodpovědná za více než 40 % všech prostojů a její výměny a ošetřování patřily k těm časově nejnáročnějším. Přidání činností spojených s prodloužením intervalu výměny forem do systému TPM by měla být jednou z priorit, pokud se má využít výrobní kapacity na zkoumaném výrobním zařízení podstatným způsobem zvýšit.

Zavedení, v tomto případě rozšíření programu TPM na více segmentů stroje povede v dlouhodobém časovém horizontu k mnoha pozitivním efektům, jakými jsou snížená prostojovost, vyšší kvalita výroby, nižší provozní náklady či vyšší morálka

a spokojenost zaměstnanců.

SMED

Získaná data ze sledovaného období poukazují na příliš dlouhou dobu výměny licích forem či pevných dílů licího stroje. Za účelem zkrácení doby výměny lze doporučit využití metody SMED. Detailním nasnímáním celého procesu výměny dílu, rozčleněním jednotlivých činností na interní a externí a eliminací externích činností lze dosáhnout výrazného zkrácení průměrné doby výměny dílu. Dle uvážení, doby výměny daného dílu a její četnosti lze doporučit aplikaci této metody i pro zkrácení doby výměn u jiných segmentů stroje.

Zavedení metody SMED pro zkrácení dob výměn licích forem či jiných částí zkoumaného výrobního zařízení bude podnik v iniciační fázi stát značné prostředky, ty se však při správném nasnímání procesu výměny a důsledném proškolení dotčených zaměstnanců podniku vrátí snížením prostojovosti a tedy lepším využitím výrobních kapacit. Předpokladem pro použití této techniky je částečné a postupné přenechání rutinních údržbářských úkonů obsluze strojů, čímž se vytvoří časový prostor pro to, aby se pracovníci údržby mohli vzdělávat v takto pokročilých technikách, zdokonalovat se v nich a rozšiřovat je na všechny segmenty zařízení, kde to bude z provozně-ekonomického hlediska efektivní.

Personální opatření

Systém TPM předpokládá zapojení obsluhy stroje do rutinní údržby zařízení. K naplnění tohoto stavu je nutný výcvik a trénink obsluhy strojů v rutinní údržbě zařízení. Identifikované nedostatky v kvalifikaci zaměstnanců slévárny způsobující vysokou prostojovost a sníženou kvalifikaci výroby je potřeba důkladným školením eliminovat, údržbářské činnosti k provedení pracovníky obsluhy strojů jasně definovat a jejich provádění vyžadovat a kontrolovat. Jako vhodné se dále jeví zkonzultovat s personálním oddělením kroky, které by omezily fluktuaci zaměstnanců slévárny.

Způsob sbírání dat

Správné rozhodování je možné pouze tehdy, jsou-li k dispozici správné informace ve správný čas. Automatizace systému sběru dat by umožnila zvýšit spolehlivost,

rychlost a objektivitu zaznamenaných dat. Na základě informací v reálném čase je pak možné činit lepší rozhodnutí, což se pozitivně promítne i na celkovém využití výrobních kapacit. Automatizace sběru dat navíc ušetří práci obsluze stroje, která bude mít více času věnovat se činnostem jim určeným, tedy obsluhou a rutinní údržbou stroje.

Závěr

Předmětem zkoumání této práce bylo analyzovat využití výrobní kapacity na zkoumaném výrobním zařízení slévárny hliníku ve ŠKODA AUTO a.s. V úvodní části práce byla nejprve uvedena relevantní teoretická východiska z oblasti využití výrobních kapacit. Byly definovány pojmy jako výrobní kapacita, efektivita výroby či časový fond práce zařízení, které byly nezbytné pro další průběh zkoumání. Pro využití výrobních kapacit klíčový koncept Štíhlé výroby byl uveden v historickém kontextu a byly představeny jeho vybrané principy a metody, které jsou relevantní vzhledem ke zkoumanému výrobnímu zařízení. V závěru teoretické části práce byly klasifikovány jednotlivé systémy údržby strojních zařízení a popsán jejich vliv na celkové využití výrobních kapacit.

Úvodem druhé kapitoly bylo blíže specifikováno zkoumané pracoviště, zejména s ohledem na aspekty ovlivňující využití výrobních kapacit. Dále byl analyzován jeho aktuální stav ve sledovaném období, které bylo stanoveno jako leden až červen 2017. Pro ilustraci analyzovaného procesu v rámci zkoumaného pracoviště byly popsány a znázorněny některé nejdůležitější součásti stroje a celého pracoviště, vysvětlen princip tlakového lití a postup při odlévání hliníkových bloků. Pomocí metodiky OEE, představené v teoretické části práce, byla určena celková efektivita výrobního zařízení ve sledovaném období, včetně rozpadu na její jednotlivé složky.

Celkové využití výrobních kapacit na zkoumaném výrobním zařízení ve sledovaném období činilo dle uvedené metodiky přibližně 62 %. Na takto nízkém využití výrobních kapacit se největší měrou podílela dostupnost zařízení, která ve sledovaném období činila pouze 67 %. Jako hlavní příčiny nízké dostupnosti zkoumaného výrobního zařízení byly identifikovány časté neplánované prostoje, zejména na lící formě, která se na době trvání všech neplánovaných prostojů podílela více než 40 %. Bylo zjištěno, že časté výměny formy a jejich dlouhá doba výměny mají výrazný negativní vliv na celkové využití výrobních kapacit. Analýza plánu údržby pak ukázala nedostatky v provádění TPM, zejména neplnění plánovaného rozsahu času pro úkony TPM, dlouhé intervaly mezi jednotlivými úkony TPM a dále fakt, že program TPM pro dané pracoviště neobsahuje žádné činnosti mající za cíl prodloužení doby mezi jednotlivými výměnami forem.

Nevyhovující systém sběru dat o výrobních prostojích a neplnění standardních pracovních postupů částí zaměstnanců byly identifikovány jako další nedostatky způsobující sníženou dostupnost zkoumaného výrobního zařízení.

V závěrečné části práce byla navržena opatření, která mají přispět ke zvýšení celkového využití výrobní kapacity na zkoumaném výrobním zařízení. Jako první navrhané opatření bylo uvedena nutnost důkladného přepracování programu TPM. V rámci tohoto opatření by měl být kladen důraz zejména na zvýšení rozsahu údržbářských prací spadajících pod TPM, doplnění měsíčních, čtvrtletních a pololetních plánů TPM o plány denní a týdenní, včlenění činností majících za cíl prodloužení intervalu výměny forem do programu TPM a větší zapojení obsluhy strojů do jejich rutinní údržby. Druhým navrhaným opatřením bylo využití techniky SMED pro zkrácení dlouhé době výměny licích forem, po analýze způsobilosti případně i pro zkrácení doby výměn jiných částí stroje. K úspěšné realizaci výše jmenovaných opatření je potřeba některých personálních změn, které předpokládají přesun části rutinních údržbářských prací na obsluhu stroje, trénink pracovníků údržby v technice SMED a školení zaměstnanců slévárny s cílem standardizace údržbářských postupů. Posledním uvedeným opatřením bylo přepracování nevyhovujícího systému sběru dat o prostojích a jeho automatizace, čímž se pracovníkům obsluhy strojů umožní věnovat více času obsluze a rutinní údržbě stroje.

Seznam literatury

- BASZENSKI, Norbert. *Methodensammlung zur Unternehmensprozessoptimierung*. 3. přepracované a rozšířené vydání. Köln: Institut für angewandte Arbeitswissenschaft, 2008. ISBN 978-3-89172-563-7.
- CEJNAROVÁ, Andrea. *Technický týdeník: Od 1. průmyslové revoluce ke 4.* [online]. 2015 [cit. 2017-08-14]. Dostupné z: http://www.technickytydenik.cz/rubriky/ekonomika-byznys/od-1-prumyslove-revoluce-ke-4_31001.html
- CONRAD, Ralph W. *5S als Basis des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses*. Düsseldorf: Springer Berlin Heidelberg, 2016. ISBN 978-3-662-48551-4.
- IMAI, Masaaki. *Gemba Kaizen: Řízení a zlepšování kvality na pracovišti*. Brno: Computer Press, 2005. ISBN 80-251-0850-3.
- KISTER, T. C. a HAWKINKS, B. *Maintenance planning and scheduling: streamline your organization for a lean environment*. Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. ISBN 978-075-0678-322.
- LIKER, Jeffrey K. *Tak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce*. Praha: Management Press, 2008. Knihovna světového managementu. 392 s. ISBN 978-80-7261-173-7.
- MOBLEY, R. Keith. *An Introduction To Predictive Maintenance*. 2. vyd. Woburn: Butterworth-Heinemann, 2002. ISBN 0-7506-7531-4.
- NĚMEC, Vladimír. *Projektový management*. Praha: Grada, 2002. Poradce. 184 s. ISBN 80-247-0392-0.
- RAMSAUER, Christian. *Industrie 4.0 – Die Produktion der Zukunft*. *WINGbusiness* [online]. 2013(3), 7 [cit. 2017-04-04]. Dostupné z: http://www.forschungsnetzwerk.at/downloadpub/7521_0_DieProduktionderZukunft_ChristianRamsauer.pdf
- SYNEK, Miroslav a kol. *Manažerská ekonomika*. 5. aktualizované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2011. ISBN 978-80-247-3494-1.
- TOMEK, Gustav a VÁVROVÁ Věra. *Integrované řízení výroby: Od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Praha: Grada Publishing, 2014. ISBN 978-80-247-4486-5.
- VOIGT, Kai-Ingo. *Wirtschaftslexikon Gabler* [cit. 2017-11-28]. Dostupné z: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/lean-production.html>
- ŽILKA, M. *Strategie systému údržby ve strojírenském podniku*. Praha: CVUT, 2013. Disertační práce. CVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav řízení a ekonomiky podniku.

Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků

| | |
|---|----|
| Obrázek 1: Schéma TPS jako příklad systému Štíhlé výroby..... | 14 |
| Obrázek 2: Snížení času k přeseřizení využitím metody SMED | 18 |
| Obrázek 3: Typická závislost výskytu poruch v průběhu životního cyklu stroje | 23 |
| Obrázek 4: Blok motoru typu EA211 | 27 |
| Obrázek 5: Licí stroj Bühler s periferními zařízeními | 28 |
| Obrázek 6: Podíl TPM na celkových prostojích ve sledovaném období v hodinách - plán vs. skutečnost..... | 36 |
| Obrázek 7: Schematické znázornění stávajícího systému sběru dat o prostojích | 38 |

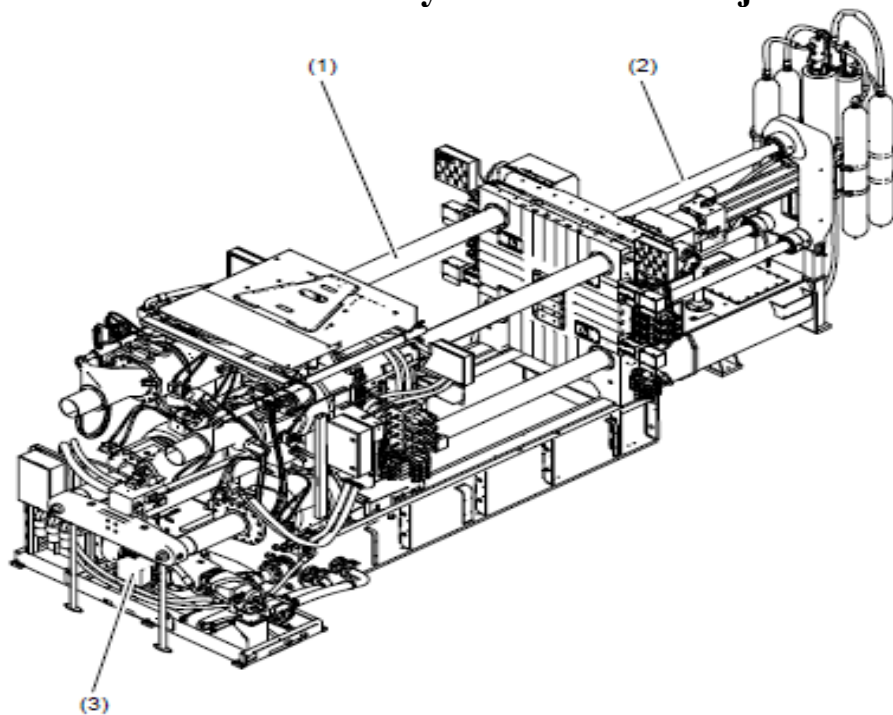
Seznam tabulek

| | |
|---|----|
| Tabulka 1: Parametry licího stroje při průměru pístu 140 mm | 26 |
| Tabulka 2: Výpočet efektivního časového fondu | 29 |
| Tabulka 3: Výpočet neplánovaných prostojů | 30 |
| Tabulka 4: Postup určení množství shodných výrobků | 31 |
| Tabulka 5: Podíl jednotlivých segmentů výrobního zařízení na prostojovosti ve sledovaném období | 34 |
| Tabulka 6: Data k výměnám forem ve sledovaném období | 35 |
| Tabulka 7: Matice identifikovaných nedostatků, jejich možných řešení a očekávaných dopadů | 40 |

Seznam příloh

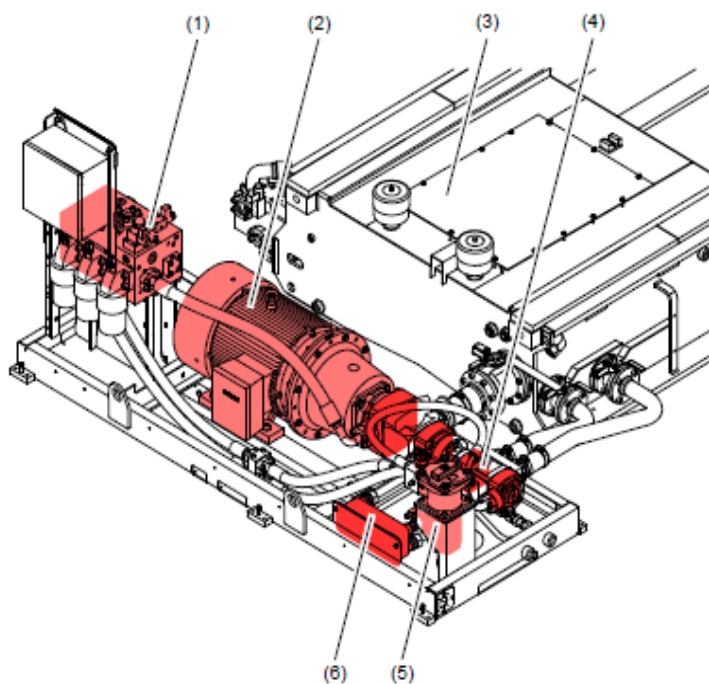
| | |
|---|----|
| Příloha 1: Zkoumané výrobní zařízení a jeho hlavní součásti | 49 |
| Příloha 2: Plán údržby stroje E1 v rámci TPM Měsíční úkony: | 50 |
| Příloha 3: Kompletní tabulka neplánovaných prostojů 01-06 2017..... | 51 |

Příloha 1: Zkoumané výrobní zařízení a jeho hlavní součásti



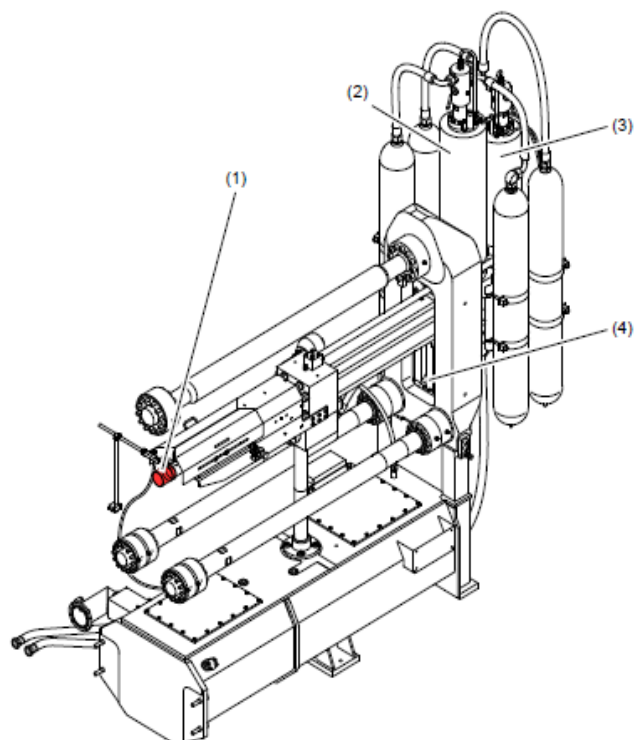
- (1) Uzavírací jednotka
- (2) Lící jednotka
- (3) Hnací skupina

Hnací skupina



- (1) Blok čerpadel
- (2) Hnací motor
- (3) Hydraulická nádrž
- (4) Čerpadla
- (5) Obtokový filtr
- (6) Deskový tepelný výměník

Lící jednotka



- (1) Plnicí píst
- (2) Systém s dusíkem Pístový tlakový zásobník
- (3) Systém s dusíkem Tlakový převodník
- (4) Seřízení lící pozice

Příloha 2: Plán údržby stroje E1 v rámci TPM

Měsíční úkony:

| TPM | CHECK-LIST PROVĚRKY | PKG | | |
|---|---------------------|---|-------------------|--------|
| Zařízení: E1 | | Středisko - 1112 | | |
| Záznam z prověrky | | Provedení prohlídky dle ročního plánu kontrol | | |
| Popis preventivní prohlídky dle TPM - plán údržby | | Datum | Jméno hůlkovým | Podpis |
| 1.kontrola funkce zablokování ochranných dveří | | | | |
| 2.kontrola těsnosti hydrauliky a pneumatiky | | | | |
| 3.odpuštění unikajícího oleje z tlakových nádob | | | | |
| 4.kontrola spínačů a signálních světel ovládacího panelu na poškození | | | | |
| 5.výměna filtrační rohože chladícího agregátu na skříňovém agregátu | | | | |
| 6.kontrola čerpacího agregátu vakuového systému | | | | |
| 7. vyčištění a promazání chapadel | | | | |
| 8.kontrola, čištění sít v dochlazovací vaně | | | | |
| 9.kontrola krytů dochlazovacích van | | | | |

Čtvrtletní úkony:

| Popis preventivní prohlídky dle TPM - plán údržby | Datum | Jméno hůlkovým | Podpis |
|---|-------|-------------------|--------|
| 1.kontrola funkce zablokování ochranných dveří | | | |
| 2.kontrola těsnosti hydrauliky a pneumatiky | | | |
| 3.odpuštění unikajícího oleje z tlakových nádob | | | |
| 4.kontrola spínačů a signálních světel ovládacího panelu na poškození | | | |
| 5.výměna filtrační rohože chladícího agregátu na skříňovém agregátu | | | |
| 6.kontrola čerpacího agregátu vakuového systému | | | |
| 7.výměna filtračních prvků odvzdušnění nádrže - 1500h(čtvrtletně) | | | |
| 8. vyčištění a promazání chapadel | | | |
| 9.kontrola, čištění sít v dochlazovací vaně | | | |
| 10.kontrola krytů dochlazovacích van | | | |

Pololetní úkony:

| Popis preventivní prohlídky dle TPM - plán údržby | Datum | Jméno hůlkovým | Podpis |
|---|-------|-------------------|--------|
| 1.kontrola funkce zablokování ochranných dveří | | | |
| 2.kontrola těsnosti hydrauliky a pneumatiky | | | |
| 3.odpuštění unikajícího oleje z tlakových nádob | | | |
| 4.kontrola spínačů a signálních světel ovládacího panelu na poškození | | | |
| 5.výměna filtrační rohože chladícího agregátu na skříňovém agregátu | | | |
| 6.kontrola čerpacího agregátu vakuového systému | | | |
| 7.výměna filtračních prvků odvzdušnění nádrže - 1500h(čtvrtletně) | | | |
| 8.kontrola výšky kluzné desky smýkadel - 3000h(pololetně) | | | |
| 9. vyčištění a promazání chapadel | | | |
| 10.kontrola, čištění sít v dochlazovací vaně | | | |
| 11.kontrola krytů dochlazovacích van | | | |

Příloha 3: Kompletní tabulka neplánovaných prostojů 01-06 2017

| | Σ | Of | Sn | Vn | Ss | P | Z | Ci | E | Tm | Nf |
|--------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| Leden | 268,92 | 53,58 | 44,92 | 31,25 | 28,08 | 44,00 | 22,08 | 21,08 | 8,25 | 8,50 | |
| Únor | 225,33 | 42,50 | 28,50 | 16,42 | 25,25 | 16,92 | 6,17 | 17,42 | 27,42 | 21,33 | |
| Březen | 319,58 | 83,67 | 36,00 | 58,42 | 25,67 | 42,33 | 4,33 | 15,42 | 12,25 | 17,83 | 19,50 |
| Duben | 210,83 | 72,92 | 50,08 | 9,00 | 14,58 | 4,83 | 2,33 | 13,92 | 6,58 | 13,58 | 10,08 |
| Květen | 250,92 | 58,50 | 47,17 | 59,83 | 18,50 | 2,50 | 10,17 | 13,67 | 12,25 | 13,17 | 0,50 |
| Červen | 296,50 | 53,17 | 42,08 | 48,92 | 15,33 | 1,92 | 63,17 | 19,58 | 8,75 | 0,50 | 38,67 |
| Celkem | 1 572,08 | 364,33 | 248,75 | 223,83 | 127,42 | 112,50 | 108,25 | 101,08 | 75,50 | 74,92 | 68,75 |

| | Pe | Vp | Ex | Xk | Pt | Xp | Zp | Xz | Ne | Nv | Nk |
|--------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Leden | | 3,42 | 0,33 | 0,50 | 0,67 | 1,25 | | | | 1,00 | |
| Únor | 17,00 | | 1,50 | 0,92 | 2,67 | 1,00 | | 0,33 | | | |
| Březen | | 1,50 | 0,33 | 0,42 | 0,67 | 0,08 | | 0,25 | 0,92 | | |
| Duben | 0,25 | 1,67 | 6,00 | 1,00 | 1,17 | 1,50 | 0,50 | 0,83 | | | |
| Květen | | 5,25 | | 4,67 | 1,50 | 0,50 | 2,00 | | 0,42 | | 0,33 |
| Červen | | 3,92 | | | 0,50 | | | | | | |
| Celkem | 17,25 | 15,75 | 8,17 | 7,50 | 7,17 | 4,33 | 2,50 | 1,42 | 1,33 | 1,00 | 0,33 |

Vysvětlivky:

| | |
|----|--|
| Of | Oprava náradí - vše, co se týká formy, kromě její výměny |
| Sn | Seřízení náradí - periferie stroje |
| Vn | Výměna náradí - výměny forem a částí periferií |
| Ss | Seřízení stroje |
| P | Závada na peci |
| Z | Porucha mechanické části zařízení |
| Ci | Čištění stroje nad rámec kalkulovaného času |
| E | Porucha elektroinstalace zařízení |
| Tm | Provádění TPM |
| Nf | Nářadovna |
| Pe | Nedostatek personálu |
| Vp | Výrobní porada, školení |
| Ex | Ostatní externí prostoje |
| Xk | Výměna kompletu |
| Pt | Procesní technika |
| Xp | Výměna předního kroužku |
| Zp | Zákonná přestávka |
| Xz | Výměna zadního kroužku |
| Ne | Nedodání energií |
| Nv | Nedostatek vložek od externího dodavatele |
| Nk | Nedostatek kovu nebo materiálu |

ANOTAČNÍ ZÁZNAM

| | | | |
|----------------------------------|--|---------------|------|
| AUTOR | Štěpán Zechovský | | |
| STUDIJNÍ OBOR | 6208R088 Podniková ekonomika a management provozu | | |
| NÁZEV PRÁCE | Analýza využití výrobních kapacit strojního zařízení slévárny ve ŠKODA AUTO a.s. | | |
| VEDOUCÍ PRÁCE | Ing. David Staš, PhD. | | |
| KATEDRA | KLRK - Katedra logistiky a řízení kvality | ROK ODEVZDÁNÍ | 2017 |
| POČET STRAN | 51 | | |
| POČET OBRÁZKŮ | 7 | | |
| POČET TABULEK | 7 | | |
| POČET PŘÍLOH | 3 | | |
| STRUČNÝ POPIS | <p>Cílem práce bylo analyzovat využití výrobních kapacit ve slévárně hliníku společnosti ŠKODA AUTO a.s. a navrhnout opatření ke zlepšení jejich využití. Po uvedení nezbytných teoretických východisek byla definována zkoumaná oblast a uveden princip tlakového lití a součástí zkoumaného výrobního zařízení.</p> <p>Metodikou OEE bylo vyhodnoceno celkové využití výrobních kapacit a byly nalezeny potenciály ke zlepšení zejména v oblasti dostupnosti výrobního zařízení.</p> <p>Na základě analýzy dat získaných jak z interní dokumentace, tak formou rozhovorů s pracovníky, byly určeny příčiny nízkého využití výrobních kapacit, jimiž byly nevyhovující systém údržby, dlouhé doby výměn licích forem, nedodržování standardních pracovních postupů a nevhodný systém sběru dat.</p> <p>V poslední kapitole pak byl ke každému z těchto nedostatků uveden návrh ke zlepšení včetně očekávaných pozitivních i negativních dopadů.</p> | | |
| KLÍČOVÁ SLOVA | OEE, výrobní ztráty, prostoje, TPM, zlepšení efektivity výroby | | |
| PRÁCE OBSAHUJE UTAJENÉ ČÁSTI: Ne | | | |

ANNOTATION

| | | | |
|--|--|-------------|------|
| AUTHOR | Štěpán Zechovský | | |
| FIELD | 6208R088 Business Management and Production | | |
| THESIS TITLE | Foundry production effectivity analysis at SKODA AUTO, a.s. | | |
| SUPERVISOR | Ing. David Staš, PhD. | | |
| DEPARTMENT | KLRK - Department of Logistics and Quality Management | YEAR | 2017 |
| | | | |
| NUMBER OF PAGES | 51 | | |
| NUMBER OF PICTURES | 7 | | |
| NUMBER OF TABLES | 7 | | |
| NUMBER OF APPENDICES | 3 | | |
| | | | |
| SUMMARY | <p>The object of the thesis was to analyse the production effectivity in the aluminium foundry at SKODA AUTO, a.s. plant in Mlada Boleslav, Czech Republic and suggest some improvements. After having mentioned necessary theoretical foundations, the object of observation was defined and the principle of pressure casting as well as the main parts of the casting machine were described.</p> <p>Using the OEE methodics, the overall equipment effectiveness was measured and some potential mainly in the field of the machine availability was detected. On the grounds of the analysis of production data as well as the interviews with coworkers, the main causes for the low availability were determined: unsatisfactory maintenance system, changeover times of the casting form, failure to keep the working procedure and an unfit data collecting system.</p> <p>For each of these causes, some improvements proposals were made, together with some possible positive and negative effects of these changes.</p> | | |
| KEY WORDS | OEE, production losses, downtimes, TPM, improvement of production effectivity | | |
| THESIS INCLUDES UNDISCLOSED PARTS: No | | | |

