



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

STUDIE VÝROBNÍHO PROCESU VYBRANÉ TECHNOLOGIE

THE STUDY OF THE PRODUCTION PROCESS SELECTED
TECHNOLOGIES

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Eva ROSECKÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. Marie JUROVÁ, CSc.

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2014/15

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Eva Rosecká

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie a průmyslový management (2303T005)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Studie výrobního procesu vybrané technologie

v anglickém jazyce:

The Study of the Production Process Selected Technologies

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úvod

Popis podnikání ve vybrané firmě se zaměřením na:

- vybranou technologii

- podmínky zakázek

Cíle řešení

Analýza současného stavu zadávání zakázky do výrobního procesu

Vyhodnocení teoretických přístupů pro realizaci zakázky

Návrh na řízení průběhu zakázky ve výrobním procesu

Podmínky realizace a přínosy

Závěr

Použitá literatura

Přílohy

Cíle diplomové práce:

Zadávání zakázek vybrané technologie do výrobního procesu ke splnění požadavků zákazníků z hlediska jakosti, dodacích termínů a nákladů.

Seznam odborné literatury:

JUROVÁ, Marie et al. Výrobní procesy řízené logistikou. 1. vyd. Brno: BizBooks, 2013, 260 s. ISBN 9788026500599.

KAVAN, M. Výrobní a provozní management. 1. vyd. Praha Grada Publishing 2002, s.424, ISBN 80-247-4099-5

KOŠTURIAK, J., Kaizen : osvědčená praxe českých a slovenských podniků . Brno Computer Press 2010, 234s. ISBN 978-80-251-2349-2

UČEŇ, P. Zvyšování výkonnosti firmy na bázi potenciálu zlepšení. Praha GRADA Publishing 2008, 190s. ISBN 978-80-247-2472-0

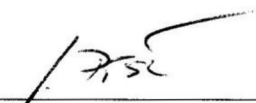
RASTOGI, M. Production and operation management. Bangalore: University science press, 2010. 168 s. ISBN 978-938-0386-812.

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Marie Jurová, CSc.

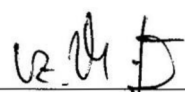
Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/15.

V Brně, dne 28. 1. 2015





prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu



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

ABSTRAKT

Tato práce je zaměřena na sledování vybraných zakázek ve firmě, která se zabývá převážně kusovou výrobou odlitků. Cílem je na základě sledování průběhu předvýrobní a výrobní fáze analyzovat úzká místa výrobního procesu. Toto je provedeno pomocí informačního systému používaného ve firmě a denního sledování výroby vybraných zakázek. Zjištěné časové údaje jsou rozčleněny na časy potřebné na výrobu a na časy ztrátové. Plánované a skutečné časy výroby od přijetí zakázky po expedici hotového odlitku jsou zaneseny do Ganttova diagramu. V závěru práce je provedeno vyhodnocení ztrátových časů ve výrobě a jsou uvedeny návrhy na zefektivnění výroby.

Klíčová slova

zakázka, výroba, odlitek, plánování, průběžná doba výroby

ABSTRACT

This work is focusing on the tracking of selected orders in a company which is mainly engaged in piece production of castings. The aim is, based on the tracking of the course of the pre-production and production phases, to analyse the production process bottlenecks. This is carried out by means of the information system used in the company and through daily tracking of the selected orders. The ascertained time data are divided into the time necessary for the production and the lost time. The scheduled and the actual production times, from order receipt up to the shipment of a finished casting, are entered in the Gantt diagram. In conclusion the work deals with the evaluation of the time lost in production and the proposals for making production more effective are offered.

Keywords

order, production, casting, scheduling, production running time

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ROSECKÁ, E. *Studie výrobního procesu vybrané technologie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 67 s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Marie Jurová, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Studie výrobního procesu vybrané technologie** vypracovala samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Titul Jméno Příjmení (editujte
dvojklikem na pole)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto vedoucí diplomové práce prof. Ing. Marii Jurové, CSc. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat pracovníkům z firmy ŽĐAS, a.s., za ochotný přístup a poskytnutí potřebných informací.

OBSAH

| | |
|-----------------------------------------------|----|
| ÚVOD | 11 |
| Cíle diplomové práce | 12 |
| 1 CHARAKTERISTIKA FIRMY | 13 |
| 1.1 Historie | 13 |
| 1.2 Současnost | 14 |
| 1.3 Výrobní program | 15 |
| 2 TEORETICKÝ PŘÍSTUP K ŘÍZENÍ ZAKÁZEK | 16 |
| 2.1 Obecné pojmy | 16 |
| 2.2 Pojmy související s výrobou odlitků | 17 |
| 2.3 Teoretický popis průběhu zakázky | 18 |
| 2.3.1 Průběh zakázky v předvýrobní fázi | 18 |
| 2.3.2 Postup výroby odlitků | 20 |
| 2.3.3 Kvalita odlitku | 22 |
| 2.3.4 Náklady | 23 |
| 2.3.5 Plánování a řízení výroby | 26 |
| 3 PRAKTICKÁ ČÁST | 29 |
| 3.1 Popis průběhu zakázky firmou | 29 |
| 3.1.1 Obchodní oddělení | 30 |
| 3.1.2 Technická příprava výroby | 31 |
| 3.1.3 Oddělení plánování výroby | 31 |
| 3.2 Informační systém v Metalurgii | 32 |
| 3.2.1 Jednotný informační systém | 32 |
| 3.3 Řešení kvality při výrobě odlitků | 34 |
| 3.3.1 Simulační program | 35 |
| 3.3.2 Výsledky simulace | 37 |
| 3.3.3 Hodnocení simulačního programu | 37 |
| 3.4 Náklady při výrobě odlitků | 38 |
| 3.5 Sledování výroby odlitků | 40 |
| 3.5.1 Sledování odlitku č. 1 | 43 |
| 3.5.2 Sledování odlitku č. 2 | 46 |
| 3.5.3 Sledování odlitku č. 3 | 52 |
| 4 ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ | 59 |
| 4.1 Zhodnocení předvýrobní fáze | 59 |
| 4.2 Zhodnocení výrobní fáze | 59 |

| | | |
|------------------------------------------|-------------------------------|----|
| 4.2.1 | Rozbor jednotlivých časů..... | 61 |
| 4.2.2 | Rozbor ztrátových časů..... | 62 |
| ZÁVĚR | | 64 |
| SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ | | 65 |
| SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK | | 67 |
| SEZNAM PŘÍLOH..... | | 68 |

ÚVOD

Diplomová práce byla tvořena ve spolupráci s firmou ŽĎAS, a.s., která se řadí mezi přední světové výrobce ocelových odlitků. Výroba odlitků má ve firmě více než padesátiletou tradici. Z původní sériové výroby se postupně stala kusová výroba.

Pro udržení a upevnění své pozice na trhu musí firma pružně reagovat na vývojové trendy, aktivně se přizpůsobovat novým technologiím a musí dokázat v co nejkratším možném termínu vyhovět zákazníkům, kteří vyžadují vysoký stupeň kvality, odpovídající cenu, kterou současné tržní prostředí bohužel snižuje. Administrativně a výrobně optimální průběh zakázky může firmě dopomoci k nižším výrobním nákladům, dodání výrobku ve sjednaném termínu, a tím ke spokojenému zákazníkovi.

Moje diplomová práce se zabývá možností optimalizovat, čili zkrátit průběžnou dobu výroby odlitku ve firmě ŽĎAS, a.s. v předvýrobní i výrobní fázi. Práce je rozdělena do čtyř hlavních kapitol.

První část je věnována představení firmy ŽĎAS, a.s., popisu historie, současnosti a výrobního procesu.

Následuje teoretická část diplomové práce, která je zaměřena na stručné vysvětlení a popis teoretických pojmů, které jsou použity v praktické části. Jsou to především pojmy z oblasti výroby, řízení výroby, výrobního procesu a plánování výroby.

V praktické části je nejprve popsán skutečný průběh zakázky ve firmě a představen jednotný informační systém JIS používaný ve ŽĎAS, a.s., výrobní provoz metalurgie. Systém slouží mimo jiné ke sledování a řízení celého průběhu zakázky, od jejího zadání a zaplánování průběhu odlitků až po expedici. Nejdůležitější v této kapitole je sledování průběhu vybraných zakázek, které je rozděleno do dvou fází, předvýrobní a samotné výroby. Pomocí programu GanttProject jsou vytvořena a popsána časová schémata plánovaného a skutečného průběhu zakázky.

Ve čtvrté kapitole je vyhodnocena praktická část, uvedeny vlastní návrhy řešení a doporučeny konkrétní kroky na zlepšení průběhu zakázky výrobním procesem a dosažení stanoveného cíle diplomové práce.

Závěr tvoří krátké shrnutí a identifikování zjištěných problémů a možných inovací.

CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Hlavním cílem diplomové práce je navrhnout optimální výrobní proces ocelových odlitků z pohledu dodacích termínů, jakosti a nákladů ke splnění požadavků zákazníka. To bude řešeno na základě sledování průběhu vybraných zakázek v předvýrobní a výrobní fázi výroby ocelových odlitků. Diplomová práce bude převážně zaměřena na analýzu dílčích časů operací. Rozborem bude provedeno porovnání a vyhodnocení návrhů možných řešení, která mohou přispět k celkovému zlepšení stávajícího stavu průběhu zakázky výrobním procesem, tj. snížení spotřeby času v souvislosti s kvalitou a cenou výrobků.

K dosažení hlavního cíle byly stanoveny dílčí kroky projektu:

- popis podnikání ve vybrané firmě,
- teoretická východiska ke splnění projektu,
- analýza současného stavu průběhu zakázky,
- porovnání plánovaného a skutečného stavu výroby pomocí grafického zobrazení,
- provést vyhodnocení zpracovaných dat,
- uvést návrhy na zlepšení procesu.

1 CHARAKTERISTIKA FIRMY

Původní název Žďárské strojírný a slévárny, státní podnik se po změnách, počínaje rokem 1990 postupně transformuje v akciovou společnost (ŽĎAS, a.s.), která se zabývá strojírenskou a slévárenskou výrobou, především pro energetický, strojní a automobilový průmysl. To jsou jedny z dominantních oborů, ale dodávky směřují i do oborů těžby ropy a hornin, výroby lodí, zpracování šrotu, papírenství, petrochemie a produktovou a mnoha dalších[1].

Firma sídlí ve městě Žďár nad Sázavou, svoji výrobu zahájila před více než 60 lety. V roce 1992 byla založena akciová společnost ŽĎAS, a.s. Od roku 2002 je jediným majoritním vlastníkem firmy akciová společnost Železiarne Podbrezová, která patří mezi největší světové výrobce ocelových trubek. Do skupiny prezentovaného pod značkou ŽP Group patří ještě firmy TS Plzeň a.s., Žiaromat a.s., Transmesa S.A.U., KBZ s.r.o., ŽP EKO QELET a.s.[2].

1.1 Historie

Firma ŽĎAS, a.s., ve své době stále Žďárské strojírný a slévárny, státní podnik, se začala budovat v padesátých letech minulého století v regionu s dlouhou tradicí hutnické, následně i metalurgické výroby. Dne 27. 8. 1951 se uskutečnilo první slavnostní odlití tradičního zvonu z oceli v nové elektrické obloukové peci a podnik přijal samostatný název Žďárské strojírný a slévárny. Koncem tohoto roku měl podnik asi 1000 pracovníků a stále se rozrůstal a s ním také město Žďár nad Sázavou. V roce 1953 byla v rozestavěných prostorách zahájena strojírenská výroba. Mezi prvními zakázkami byla výroba převodových skříní a částí válcovacích tratí. V areálu ŽĎASu se postupně přistavovaly nové haly a výroba se stále rozšiřovala a modernizovala[3].

Do roku 1960 byly přistavěny v metalurgickém závodu tři obloukové tavící pece, které později využívala i nová kovárna pro výrobu volně kovaných výkovků. Výrobní program metalurgie zahrnoval pouze několik značek uhlíkatých ocelí. Pece se sázely ručně, bez pomoci jeřábů, vápno i feroslitiny byly drceny obsluhou před vhazováním do pecí[3].

V roce 1989 byla ve slévárně metalurgického závodu odlita dvou miliontá tuna oceli a v roce 2009 tři miliontá tuna oceli.

V devadesátých letech proběhla rozsáhlá modernizace metalurgického závodu, tehdy ještě divize metalurgie z titulu tehdejšího organizačního uspořádání. Nejprve byla provedena rekonstrukce původní elektrické obloukové pece na pánvovou pec. V další etapě bylo vybudováno zařízení pro zpracování oceli ve vakuu VD/VOD společně se zařízením na odlévání ingotů ve vakuu VIC. Tato zařízení zaručují výrobu tekutého kovu vysoké čistoty, přesnosti chemického složení s nízkým obsahem plynů. V další fázi modernizace metalurgie byly zkvalitňovány procesy tepelného zpracování, tím se dařilo postupně snižovat výrobní náklady, také se zlepšily pracovní a ekologické podmínky pracoviště[4].

V roce 2000 byl dokončen jednotný informační systém (JIS) celé divize, který umožňuje rychlý a efektivní přístup k potřebným informacím.

Za dobu své působnosti dodal ŽĎAS, a.s. zařízení se svojí značkou do více než 50 zemí celého světa. Většina strojů je zde navrhnutá a vyrobená, u zákazníka je provedena montáž, uvedení do provozu a zaškolení obsluhy[3].

1.2 Současnost

Akciová společnost ŽĎAS obr. 1 je strojírensko-metalurgický komplex patřící k největším firmám v České republice. V současné době má cca 2500 zaměstnanců, z toho cca 1000 jich pracuje v provozu Metalurgie. Objem výroby Metalurgie za rok 2014 představoval cca 120 milionů EUR. Více než polovinu celkové produkce tvoří exportní zakázky. Výroba je uskutečňována v jednotném celku výrobních hal se strojním vybavením k provádění těžkého i lehkého obrábění, montáže a testování jednotlivých výrobků[1].



Obrázek 1- Letecký pohled na firmu ŽĎAS, a.s.[4]

Tato diplomová práce se zabývá sledováním výroby odlitků, proto se bude dále věnovat metalurgické výrobě, která představuje více než 63 % výnosů firmy. Slévárna vyrábí odlitky převážně z oceli o hmotnosti od 200 kg do 45 000 kg a mohou dosahovat maximálních rozměrů 8500 x 4800 x 3000 mm.

V metalurgii díky modernizaci došlo ke změně sortimentu vyráběných značek ocelí, k rozšíření technologických možností ve výrobě tekutého kovu, díky čemuž roste i atraktivita, konkurence schopnost a nabídka, která je zákazníky žádaná.

Současné slévárenské technologie umožňují vyrábět i tenkostěnné a materiálově náročné odlitky. Zde je hlavní pozornost zaměřena na nastavení správného režimu při tuhnutí a chladnutí odlitku a tím k zajištění výsledné homogenní struktury. Tyto požadavky je možno zajistit pomocí softwaru MAGMA, který slouží firmě pro simulaci tepelných slévárenských procesů[5].

Kontrola kvality materiálů je zajištěna moderními přístroji. Chemická analýza se provádí pomocí dvou optických emisních spektrometrů, včetně gamaspektrometru, kterým se vyhodnocuje přítomnost radionuklidů v oceli. Jakost a kvalita materiálů je kontrolována v laboratořích zjišťováním chemického složení, mechanických vlastností ocelí, mikro a makro struktur a také na dílně pomocí nedestruktivních zkoušek. Špičkovou kvalitu výrobků může firma doložit pomocí řady certifikátů renomovaných společnosti, např. TÜV NORD,

GERMANISCHER LLOYD, AMERICAN BUREAU OF SHIPPING, DET NORSKE VERITAS ...[6].

1.3 Výrobní program

Firma ŽĎAS, a.s. se zabývá strojírenskou a metalurgickou výrobou, především pro energetický, strojní a automobilový průmysl.

Strojírenská výroba je zaměřena na výrobu[4]:

- lisovacích nástrojů,
- tvářecích strojů,
- tvářecích nástrojů,
- hydraulický prvků,
- kovacích lisů,
- zařízení na zpracování šrotu,
- zařízení na zpracování a kontrolu válcovaných výrobků.

Metalurgická výroba představuje produkci a dodávky vysoce kvalitních[4]:

- odlitků, obr. 2
- výkovků,
- ingotů,
- modelů pro slévárenskou výrobu,
- dalších doprovodných služeb.



Obrázek 2 – Odlitek pláště plynové turbíny[4]

ŽĎAS, a.s. v souladu s požadavky mezinárodních norem EN ISO 9001:2008, EN ISO 14001:2004 a OHSAS 18001:2007 a dalšími výrobními a procesními certifikáty uplatňuje a udržuje Integrovaný systém managementu řízení a neustále zlepšuje jeho efektivnost. Ve všech činnostech jsou identifikovány priority související s naplánováním strategiemi a posláním organizace orientované na zákazníka[6].

2 TEORETICKÝ PŘÍSTUP K ŘÍZENÍ ZAKÁZEK

V této kapitole jsou zmíněny a vysvětleny pojmy související s diplomovou prací spojené s metalurgickou výrobou. V první části jsou vysvětleny základní obecné a technické pojmy, dále navazuje popis průběhu zakázky výrobním procesem při výrobě odlitků a hlavní cíle práce plánování výroby, kvalita a náklady.

2.1 Obecné pojmy

Výroba – proces, při kterém dochází k přeměně výrobních faktorů na konečné produkty. Musí být organizována a orientována tak, aby bylo dosaženo cílů podniku, které jsou vedením stanoveny[7].

Kusová výroba – vyrábí se jeden nebo omezené množství výrobků od jednoho druhu. Výroba jednotlivých výrobků se opakuje nepravidelně nebo vůbec. Většinou se vyrábí na zakázky nebo kusy[8]. U kusové výroby je dlouhá průběžná doba, uplatňuje se zde technologické uspořádání pracovišť[7].

Zakázková výroba – výrobek je specifikován přímo zákazníkem nebo normami, a těmto požadavkům se musí výrobce přizpůsobit. Hlavními požadavky jsou termíny dodávky a požadované vlastnosti výrobku[8].

Technologické uspořádání pracovišť – typické pro zakázkovou výrobu. Výrobní stroje a zařízení jsou seskupovány podle technologické podobnosti. Vznikají pracoviště, kde jsou prováděny podobné technologické operace, jako např. svařovna, brusárna, tepelné zpracování, pracoviště kontroly. Zpracovávané výrobky přecházejí z jedné dílny do druhé a mohou se do téže dílny i několikrát vracet[9].

Výhody - pružnější výrobní proces, lepší využitelnost výrobních kapacit strojů a zařízení, jednoduché zajištění provozuschopnosti výrobních zařízení[9].

Nevýhody - vyšší náročnost na operativní řízení výroby, vytváření harmonogramu výroby v závislosti na vytížení jednotlivých pracovišť a jejich maximální využití, vyšší náročnost na manipulaci s výrobky (delší materiálové toky), dlouhé průběžné časy výrobního cyklu a vyšší zásoby rozpracované výroby[7,9].

Řízení výroby – je provázáno s řízením ostatních oblastí podniku, a to marketingem, technickou přípravou výroby, řízením jakosti, řízením lidských zdrojů a vnitropodnikovou ekonomikou. Dělí se podle časového úseku nutného ke splnění stanovených cílů na [10]:

- strategické řízení výroby – je uskutečňováno vrcholovým vedením firmy,
- taktické řízení výroby – plní krátkodobější strategické cíle a bývá svěřeno útvaru s celopodnikovou působností,
- operativní řízení výroby – zajišťují ho speciální útvary působící jako součást vedení výrobních provozů a pracovníci zodpovědní za plánování a řízení výroby na dílnách.

Průběžná doba výroby – celý cyklus, který potřebuje výrobek, od svého vstupu do výrobního procesu do okamžiku prodeje zákazníkovi. Zahrnuje dobu trvání technologických operací, dobu trvání netechnologických operací a časy přestávek. Její zkracování vede ke zvyšování efektivnosti a konkurenční schopnosti podniku[7].

Při zkracování průběžných dob výroby je třeba se zaměřit na mezioperační doby a doby „ležení“ [11].

Příprava výroby – soubor technicko-ekonomických činností v podniku, jehož úkolem je vypracovat efektivní řešení výrobku, způsob výroby, její organizace, vybavení. Příprava

výroby musí zaručit vysokou jakost výrobků, efektivní výrobu a rychlé zavedení výrobků do výroby[8].

Technická příprava výroby (TPV) – doba od uplatnění požadavku na výrobek až po zahájení jeho výroby. Patří sem konstrukční, materiálová, technologická a organizační příprava výroby[7].

Nedokončená (rozpracovaná) výroba – představuje rozpracované výrobky, které již prošly určitými výrobními stupni, ale nejsou ještě hotovým výrobkem[7].

2.2 Pojmy související s výrobou odlitků

Odlitek – výrobek vzniklý ztuhnutím tekutého kovu ve formě. Je buď hotovým výrobkem, ale spíše polotovarem, který se většinou mechanicky – třískově obrábí[11].

Odlévání - způsob výroby odlitku, při kterém se roztavený kov nebo jiný materiál vlévá do formy, jejíž dutina má tvar a velikost budoucího výrobku, následně tavenina ztuhne[11].

Ocel – slitina železa, uhlíku a dalších chemických prvků, obsahuje méně než 2,11 % uhlíku. Vyrábí se ve slévárnách z ocelového odpadu a vratného materiálu v elektrických obloukových nebo indukčních pecích[11].

Chladítka – kovové části, které se vkládají během výroby formy k modelovému zařízení a slouží ke snížení teploty v daném místě[11].

Keson – jáma na pracovišti formovna, do které se provádí formování rozměrných odlitků.

Modul – počítačově zpracovaná skupina úloh pro jednotlivá pracoviště k hlavnímu programu

Nedestruktivní zkouška (NDT) – zkouška bez porušení materiálu za účelem zjištění vad.

Technická dokumentace – souhrn písemných a grafických dokumentů, podle kterých se jednoduše zrealizuje výrobek. Vytváření technické dokumentace je normalizováno, existují zásady a pravidla, podle kterých se při její tvorbě postupuje. Rozsah technické dokumentace závisí na složitosti výrobku[10].

Technologický postup – závazný předpis, který určuje, jakým způsobem bude probíhat výrobní proces konkrétní součásti. Má zaručovat hospodárnost výrobního procesu tj. minimální spotřebu surovin, materiálů, energie, pracovní doby při zabezpečení požadované kvality produktu[7].

Materiálová část technologického postupu – zahrnuje přesnou specifikaci použitého materiálu a polotovaru z předchozích fází, limit spotřeby, označení dodavatelského místa. Musí být jednoznačně dán druh materiálu, typ, rozměr, jakostní norma, provedení[9].

Výkonová část technologického postupu – podrobný popis jednotlivých operací, úkonů s uvedením doby trvání a to čas jak přípravy, tak zakončení. Je zde i označení prováděcího pracoviště (dílny), zařízení (stroje), profese a předpokládané kvalifikace prováděcího pracovníka, specifikace nástrojů, nářadí, přípravků[9].

Výkresová dokumentace pro výrobu odlitků obsahuje:

- výkres strojní součásti (odlitku),
- slévárenský postupový výkres odlitku,
- slévárenský postup,
- výkres modelového zařízení – zhotovuje se podle výkresu odlitku.

2.3 Teoretický popis průběhu zakázky

Zakázka při výrobě odlitku prochází dvěma fázemi – předvýrobní a výrobní.

2.3.1 Průběh zakázky v předvýrobní fázi

Před závaznou objednávkou na výrobu odlitku pošle zákazník obvykle poptávku ve formě výkresu součásti a dalších údajů jako: požadovaný počet kusů, materiál odlitku, technické dodací podmínky, přesnost odlitku, normy související s poptávaným odlitkem atd. Tyto materiály obdrží referent obchodního oddělení, který provede zaevidování poptávky do informačního systému, zajistí překlad cizojazyčných dokumentů a předá je do technologie slévárny, případně následně vyžádá další dokumenty, které jsou pro zpracování nabídky technologiemi důležité.

Technická příprava výroby

Technolog slévárny nejprve prověří úplnost a srozumitelnost dodaných technických podkladů a posoudí, zda požadavky zákazníka odpovídají možnostem slévárny[11]:

- požadovaný materiál odlitku včetně tepelného zpracování odpovídá výrobním možnostem slévárny,
- rozměry a hmotnost odlitku jsou v souladu s technologickým vybavením slévárny - výrobní možnosti tavnice, formovny, jaderny, čistírny, tepelného zpracování, hrubovny, kontroly,
- požadované tolerance odlitku jsou adekvátní výrobním možnostem slévárny,
- požadavky na kvalitu odlitku jsou slévárnou splnitelné,
- předpisy na opravu odlitku jsou pro slévárnu přijatelné.

Pokud tyto body vyhovují, je navržena slévárenská technologie výroby odlitku. Podle výkresu odlitku je nakreslen předběžný slévárenský postupový výkres s náležitostmi, které mají zajistit, aby byla výroba modelu co nejsnadnější a pro odlitek byla eliminována rizika vzniku slévárenských vad typu: trhlin, pórů, bublin, staženin apod. Do postupového výkresu je zakreslena náliťková a vtoková soustava, technologické přídatky, úkosy. K dosažení požadovaného výsledku, tj. zdravého odlitku je možno zvolit variantu z různých způsobů technologií, rozhodování závisí na technologovi, na jeho zkušenostech a na možnostech slévárny. V současnosti lze správnost navržené technologie výroby odlitku ověřit simulačními programy[11].

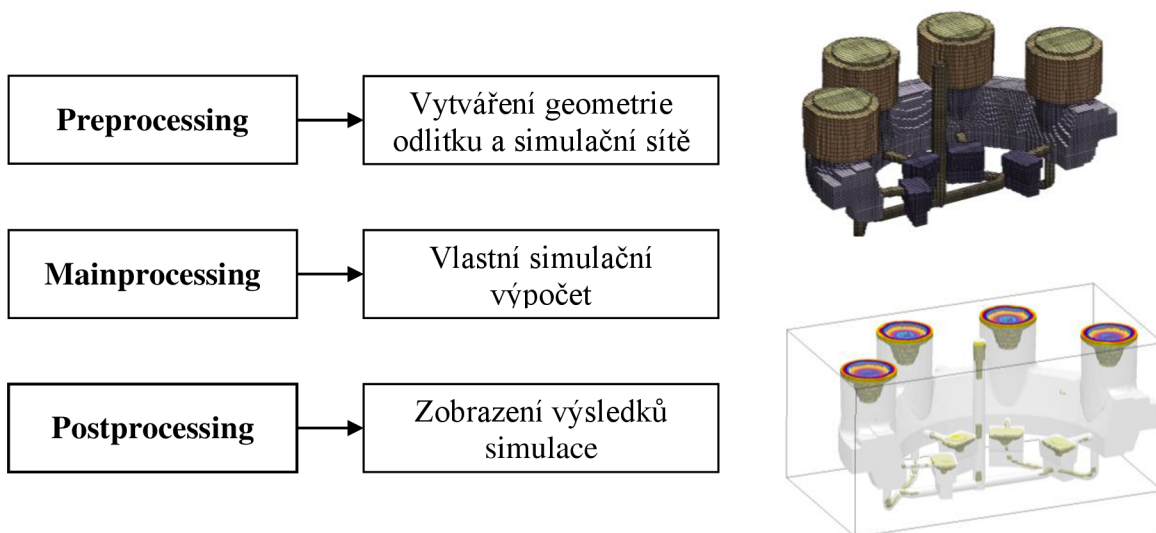
V další fázi technické přípravy výroby se stanoví cena modelu, vypracuje se technologický postup výroby odlitku po jeho odlití včetně případného opracování, z kterého se určí celkové náklady na výrobu odlitku. Výkresová dokumentace je doručena do technologie hrubovny, která zpracuje postup hrubování, přídatky na opracování a náklady za opracování odlitku. To vše se zřetelí na požadavky zákazníka, aby výsledná nabídka pokud možno věrně potvrdovala zadání.

Oddělení plánování výroby zpracuje termíny zahájení výroby a dodání odlitku a termíny na všechny sledované operace. Kompletní vypracované postupy se vrátí zpět na obchodní oddělení, kde referent vypracuje nabídku, ta je doplněna i o minimální obchodní požadavky. Následně je odeslána zákazníkovi, který se k obsahu nabídky vyjádří. Pokud dojde ke shodě, je vypracován návrh Kupní smlouvy, který se odesílá zákazníkovi a ten tuto smlouvu potvrdí nebo doplní. Po oboustranném odsouhlasení kupní smlouvy se objednávka považuje za závaznou.

Simulační programy

Numerická simulace je velkým pomocníkem při analýzách a optimalizaci slévárenské výroby, pomáhá zkvalitnit a zefektivnit výrobu odlitku. Slévárenské simulační programy predikují průběh jednotlivých simulačních pochodů při tuhnutí a chladnutí odlitků ve slévárenské formě. Hlavní oblastí použití simulačního programu je kontrola správného umístění vtokových soustav, minimalizování vnitřních vad odlitků. Program odhalí místa s výskytem napětí a deformace, místa možného vzniku vad, jako jsou vměstky, písek. Simulační program pomůže navrhnout správný postup na odplynění formy a ukáže výslednou strukturu materiálu po tepelném zpracování. Na simulaci se většinou vybírají tvarově složité odlitky, odlitky s vysokými požadavky na jakost, odlitky dodávané v počtu více kusů a odlitky vyšších váhových kategorií. Na trhu je celá řada komplexních simulačních programů, které se stále inovují a doplňují [12].

Základem struktury simulačních programů jsou moduly, které umožňují průběh potřebného simulačního výpočtu, je to preprocessing, mainprocessing a postprocessing obr. 3.



Obrázek 3 - Hlavní etapy simulačních výpočtů [13]

Preprocessing je vytváření geometrických dat odlitku. Geometrická data jsou buď přenášena z již existujících výkresů vytvořených CAD systémem v různých exportních formátech, nebo se vytvoří kompletní geometrie odlitku pomocí simulačního programu. Náročnost zpracování výkresu závisí na komplikovanosti geometrie. Ta se na počítači zkontroluje tak, že se strojnický výkres rozloží na tzv. tablety a vytvoří se 2D průřezy součástí za použití vlastního CAD systému AMG. Průřezy se postupně, vrstva po vrstvě, skládají do 3D sítě, což pomáhá CAD systému zpracovávat konstrukci pro prostorovou simulaci tuhnutí příslušného odlitku [12].

K jednotlivým položkám se zde přiřazují materiály, definuje se poloha odlitku ve formě a její velikost, lící teplota apod. Odlitek se rozdělí na části, ve kterých probíhají výpočty, čím podrobnější dělení, tím jsou výpočty přesnější. Doba výpočtu závisí na operační paměti počítače [13].

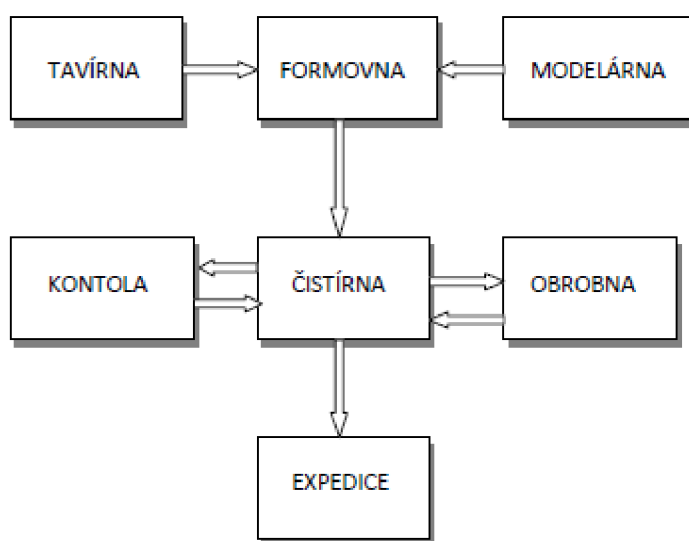
Mainprocessing je vlastní simulační výpočet. Na začátku výpočtu uživatel zadává další podmínky, jako je např. lící teplota taveniny, počáteční teplota formy, teplota okolí, rychlost plnění formy taveninou apod. Vlastní výpočtový modul ukládá zadaná data na disk a vypočte

změny teplot během simulovaného slévárenského procesu, provede i analýzu napětí nebo mikrostruktury[12].

Postprocessing je způsob zobrazení výsledků simulačního výpočtu. Je možno sledovat a analyzovat rychlostní, teplotní a tlaková pole během plnění dutiny formy taveninou, postup tuhnutí odlitku, místa s tvorbou staženin, místa s výskytem zbytkových napětí odlitku, deformací nebo lze určit strukturu materiálu, jaká bude v daném odlitku[13].

2.3.2 Postup výroby odlitků

Při výrobě odlitek prochází různými pracovišti, dle technologického postupu jsou na něm prováděny operace, které na sebe navzájem navazují. Zjednodušené schéma je znázorněno na obr. 4.



Obrázek 4 - Schéma pracovišť

Modelárna

Modelárna vyhotoví na základě modelových výkresů tzv. modelové zařízení, potřebné ke zhotovení dutiny ve formě, která odpovídá tvaru budoucího odlitku. Modelové zařízení se skládá z vlastního modelu odlitku, modelových desek, nálitků, jaderníků, šablon, měrek, podložek atd. Model odlitku se vyrábí obvykle ze dřeva, polystyrenu nebo kovu. Jako materiál pro vtokové soustavy se u většiny ocelových odlitků používá šamot[11].

Formovna

Na formovně je z vyrobeného modelu připravena dutina formy. Z důvodu kusové výroby a výroby masivních odlitků se tato činnost provádí ručně, formování se dělá do rámu, do země nebo do kesonu. Při výrobě masivních odlitků dochází na formovně i k samotnému odlití, protože s hotovou formou již nelze manipulovat. Formování se nejčastěji dělá do formovacího rámu pomocí formovacích směsí a jednoduchého nářadí jako je ruční nebo pneumatická pěchovačka. Modelové zařízení je po vrstvách zasypáváno formovací směsí a postupně je sestavována a zaformována nálitková soustava, vtoková soustava, výfuky, chladítka, pravá a nepravá jádra. Po důkladném upěchování se model z formy vyjme, následuje kontrola, ochranný nátěr a vyčištění vtokové soustavy a dutin od nečistot[11].

Tavírna

Tavírna zhotoví roztavením vsázky tekutý kov o požadovaném chemickém složení. V požadavku na tekutý kov musí být uvedeno: datum, značka materiálu, druh odlévaných forem, množství tekutého kovu, lící teplota, průměr výlevky, požadavek na časový sled taveb a další požadavky. Veškeré údaje jsou zaneseny do informačního systému a kde je tavně přiděleno evidenční číslo.

Ve slévárnách oceli se tekutý kov připravuje převážně v elektrických obloukových pecích, elektrických indukčních pecích nebo vakuových pecích. Po roztavení vsázky se odlije kovový vzorek a na simultánním měřícím optickém emisním spektrometru se určí přesné chemické složení. Po dosažení chemického složení pro daný materiál a odpichové teploty se roztavený kov vylíje do formy pomocí nálevky, která je součástí vtokové soustavy. Potom dochází ve formě k tuhnutí a chladnutí tekutého kovu. Čas tuhnutí a chladnutí je určen technologem podle materiálu odlitku, jeho hmotnosti, tvaru a materiálu formy.

Po vychladnutí se odlitek z forem uvolňuje nárazy za použití mostového jeřábu, menší odlitky se uvolňují z formy na vytloukacích roštech, tím se dosáhne odstranění převážné části formovacího materiálu. Na odlitku ale zůstává ještě připečený písek a zbytky jader, které se odstraňují na dalším pracovišti – čistírně[11].

Čistírna

Odlitek vytlučený z formy je předán na čistírnu, kde se provede čištění od formovacích písků, odstranění náledek a vtoků, apretura odlitků, tj. vypalování a vybrušování se dočistí zbytky formovacích směsí, okují apod., opravy a tepelné zpracování odlitků. Čištění odlitků v kusové výrobě nejde příliš mechanizovat z důvodu rozdílného sortimentu.

Odlitky se tepelně zpracovávají pro dosažení jemnozrnné struktury materiálu, požadovaných mechanických vlastností a snížení vnitřního pnutí v odlitku. Po tepelném zpracování se odebírají z odlitku tzv. zkušební bloky a v mechanické laboratoři jsou vyhodnoceny jejich mechanické vlastnosti. Pokud výsledky rozboru vyhovují požadavku zákazníka je odlitek předán po otryskání na hrubovnu[14].

Obrobna

Na tomto pracovišti se nejprve odlitek proměří a potom se provádí opracování na klasických i numericky řízených obráběcích strojích. Opracování odlitků s přídatkem (hrubování) se provádí z důvodů usnadnění práce při konečném zpracování a pro umožnění provedení nedestruktivních zkoušek.

Dokončovací a kontrolní operace

Po obrobení odlitku se na čistírně provedou dokončovací a kontrolní operace, a to nedestruktivní zkoušky, opravy případných vad a rozměrová kontrola odlitku. Do nedestruktivních zkoušek se řadí vizuální zkouška, magnetická zkouška, penetrační zkouška, ultrazvuková zkouška, rentgenová zkouška. Účelem těchto zkoušek je zjištění přítomnosti povrchových a podpovrchových vad.

Mezi poslední operace patří rozměrová kontrola a stanovení hmotnosti odlitku. Případně se provádí nátěr odlitku, pokud je požadován v objednávce. Když jsou všechny zkoušky v pořádku, zkompletuje se příslušná dokumentace a odlitek je připraven k expedici k zákazníkovi.

2.3.3 Kvalita odlitku

Pojmy kvalita nebo také jakost se v praxi nejvíce používají v souvislosti s výrobky nebo v souvislosti se službami. Kvalita je popis dobrých vlastností výrobku nebo služby. Kvalita dokáže odlišovat produkty podobného charakteru a přiřazovat jim rozdílnou hodnotu[15].

Při řízení kvality je snaha o neustálé zlepšování výrobního procesu, výsledkem je nejen efektivnější proces a kvalitní produkt (služba), ale i nižší náklady a vyšší produktivita[15].

V organizacích je řízení kvality založeno na normách a standardech, které pomáhají nastavit systém řízení kvality tak, aby se zabránilo nekvalitním jevům (neshodám, chybám, rizikům).

Vzhledem ke stále se zvyšujícím nárokům na systém řízení v organizacích a firmách byly mezinárodní standardizační organizací ISO zpracovány normy systému managementu kvality řady ISO 9000. Normy umožňují prokázat daným organizacím schopnost výroby či distribuci produktů v souladu se všemi nezbytnými předpisy a potřebami zákazníka.

Požadavky zákazníků na výrobu odlitku vycházejí z technických norem nebo předpisů, které obsahují důležité parametry či vlastnosti materiálu, výrobku, součásti nebo pracovního postupu a zpracovávají se do tzv. technických přejímacích podmínek. Výrobce vyrábějící na základě norem získá jakostní výrobek[16].

Technické normy vztahující se k výrobě odlitku jsou zařazeny do třídy norem 04 – Slévárenství, kde jsou obsaženy všechny potřebné části pro správné vytváření odlitků.

Hlavním dokumentem kontroly jakosti kovových i nekovových výrobků je evropská norma EN 10204, která udává, jaké typy certifikátů mají být doloženy zákazníkovi v souladu s požadavky objednávky. Druhy dokumentů kontroly jsou uvedeny v tab. 1[17].

Tabulka 1 – Dokumenty kontroly dle EN 10 204[17]

| Typ certifikátu | Obsah certifikátu | Osvědčení potvrdí |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.1 | Prohlášení o shodě s objednávkou bez uvedení výsledků zkoušek | Výrobce |
| 2.2 | Prohlášení o shodě s objednávkou s uvedením výsledků zkoušek | Výrobce |
| 3.1 | Prohlášení o shodě s objednávkou s uvedením výsledků specifického testu | Oprávněný zástupce výrobce nezávislý na výrobních útvarech |
| 3.2 | Prohlášení o shodě s objednávkou s uvedením výsledků nespecifického testu | Oprávněný zástupce výrobce nezávislý na výrobních útvarech nebo zástupce jmenovaný kupujícím nebo uvedený v oficiálních předpisech |

Ve slévárenství je v oblasti kvality důležitá výstupní kontrola, aby zákazník převzal kvalitní výrobek. U jednodušších odlitků může být požadována vizuální a rozměrová kontrola, kontrola hmotnosti a tvrdosti. U odlitků, které mají být použity v náročných podmínkách, např. při extrémních teplotách nebo u vysoce namáhaných strojních součástí, je nutná nedestruktivní zkouška povrchu i vnitřní části odlitku[15].

K předcházení nekvalitních výrobků přispívá sledování výroby a průběžné statistické vyhodnocování skutečných příčin vzniku zmetků[17].

2.3.4 Náklady

Řízení nákladů je nejdůležitější pro všechny výroby a služby bez ohledu na obor podnikání. Existuje řada metod a přístupů výpočtu nákladů, ale jejich použití je jiné v různých odvětvích a různě velkých společnostech.

Slévárství je velmi specifická oblast výroby. Aby byly slévárny konkurenceschopné, jsou nuceny snižovat výrobní náklady, a to jak variabilní, tak fixní. Je požadována velká flexibilita sléváren.

Jednotlivé náklady na výrobu odlitků jsou složeny z těchto položek:

- náklady na modelové zařízení,
- náklady na formování,
- náklady na tekutý kov,
- náklady na čištění a opravy vad,
- náklady na kvalitu odlitků,
- náklady na opracování.

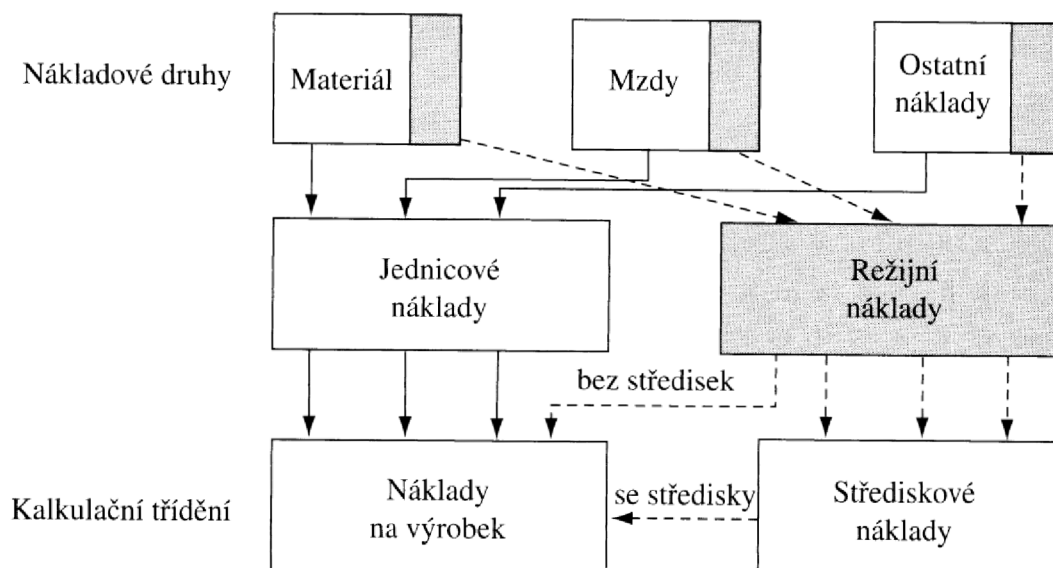
Kalkulace nákladů ve výrobě odlitků se většinou provádí podle:

- detailního technologického postupu,
- stejného nebo srovnatelného odlitku,
- kilogramové ceny materiálu.

V případě výpočtu nákladů pomocí technologického postupu, který je podrobně zpracován v informačním systému, jsou ke každé operaci přiřazeny vzorce na výpočet nákladů. U stejného nebo srovnatelného odlitku se stanovují náklady s přihlédnutím na rozměry a hmotnost odlíku pomocí koeficientu. Jednodušší odlitky se mohou stanovit na základě kilogramové ceny materiálu a požadavku na kvalitu odlitku.

Hlavním úkolem kalkulace nákladů je stanovení správné ceny výrobků a následná kontrola hospodárnosti výroby.

Náklady lze třídit podle různých hledisek obr. 5. V podniku se náklady rozdělují podle druhů, podle účelu, podle závislosti nákladů na změnách objemu výroby, podle původu spotřebovaných vstupů aj. Druhové třídění nákladů vychází z výrobních faktorů – práce, dlouhodobý hmotný majetek, materiál. Účelové třídění nákladů je podle útvarů (středisek) a podle výkonů (kalkulační třídění nákladů). Kalkulační třídění slouží ke zjišťování nákladů na jednotlivé výkony, dělí se na jednicové (přímé) a režijní (nepřímé)[18].



Obrázek 5 - Vztah mezi druhovým, kalkulačním střediskovým tříděním nákladů[18]

Pro získání skutečných nákladů je nutné sledovat průběh výroby a zaznamenávat skutečný odpracovaný čas operací, skutečnou spotřebu materiálu, toto porovnávat s plánem. Výsledkem je přehled, jak se která výrobní operace podílí na vlastních nákladech, které vznikají při výrobě, odchylky se identifikují a provede se jejich rozbor[14].

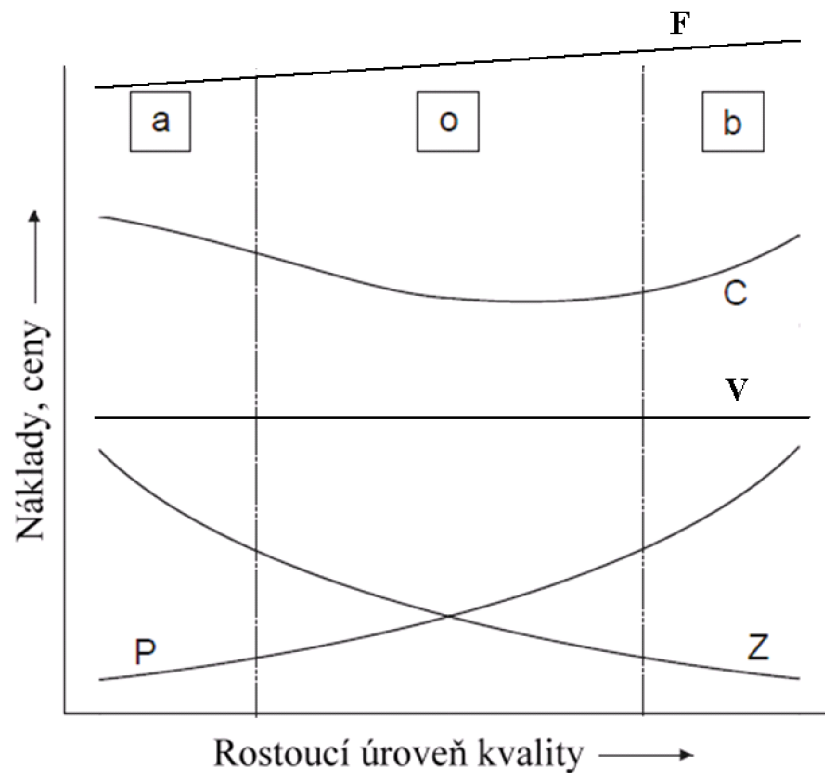
2.3.4.1 Kvalita odlitků a náklady

Náklady spojené s kvalitou odlitků se mohou dělit do dvou skupin obr. 6 [19]:

- výdaje na neshodné výrobky,
- výdaje na předcházení vadám.

Preventivní opatření na výrobu kvalitních odlitků jsou například[19]:

- zavádění nových zkušebních a kontrolních postupů,
- zvýšení frekvence mezioperační kontroly,
- zavádění počítačové podpory technologické příprava výroby,
- zavádění nových technologií,
- výdaje na udržování systému managementu kvality.



Z – náklady na neshodné výrobky, reklamace, opravy
 P – náklady na zajištění jakosti (prevence)
 V – vlastní náklady výroby
 C – celkové náklady
 F – fakturační cena
 a – nízká úroveň kvality
 o – optimální náklady
 b – vysoká úroveň kvality

Obrázek 6 - Závislost nákladů na úrovni kvality při výrobě odlitků[19]

Jednou možností snížení nákladů při výrobě odlitků je použití simulačního software. Investice na zavedení simulačního software je poměrně velká a jeho návratnost závisí na[20]:

- kapacitě slévárny,
- zavádění nových výrobků do výroby,
- počtu kusů v zakázkách,
- složitosti výrobků.

2.3.5 Plánování a řízení výroby

Plánování výroby ve slévárnách je složité z důvodu kombinace několika různých typů procesů, pro které nelze aplikovat jednotnou plánovací metodiku[17].

Odlitky jsou nejprve zaformovány, odlity, po vychladnutí a očištění jsou tepelně zpracovány, opravovány zavařováním a strojně opracovány. Pak následuje kontrola povrchu i vnitřní části odlitku. Z toho vyplývá, že jde o výrobu složenou z několika na sebe navazujících, ale typově, prostorově, technologicky i personálně zcela nezávislých provozů. Pokud se slévárna specializuje na kusovou nebo malosériovou výrobu odlitků vyšších hmotností, je obtížné nalézt optimální metody pro plánování a řízení. Většinou se vypracovává kompletně nová technologie, což zvyšuje nejistotu v plánování[21].

Plánování výroby odlitků se musí zaměřit na kritická místa. V praktickém provozu u sériové výroby se jeví nejužším místem celého výrobního procesu etapa formování. Pokud formovnou výroba projde v požadovaných termínech, nemělo by ve zbytku toku nastat časové zdržení. Velký význam má i seskupování výrobků dle taveb a reálných možností žihacích pecí[22].

Užšími místy v kusové výrobě odlitků jsou nejčastěji tepelné zpracování, obrábění a provádění nedestruktivních zkoušek.

2.3.5.1 Informační systémy ve slévárnách

Pro plánování a řízení výroby ve slévárnách se používají informační systémy, které zajišťují sdílení a provázanost obchodních a výrobních dat. Informační systémy musejí mít dostatečnou softwarovou podporu, která pomáhá snadnému a rychlému zvládnutí nepředvídatelných situací[22].

Standardní požadavky na informační systém sléváren jsou[23]:

- materiálové hospodářství nezávislé na výrobních postupech
- oddělení nákupního a výrobního skladu
- porovnání plánované a skutečné spotřeby jednicového materiálu
- evidence zakázek
- střediskové hospodaření
- evidence výdejny, přípravků a licích zařízení
- kombinace všech druhů mezd
- přenosy dat mezi více informačními systémy

Po založení obchodní zakázky v informačního systému se nejprve převede do zakázky výrobní. Zde jsou možné různé korekce a úpravy, jako shromažďování, rozdělování a navyšování zakázek, aby byla výroba ekonomická[22].

Prvním krokem plánování je podle požadovaného termínu dodání rozvržení práce výrobních zakázek pro formovnu. Potom se výroba v informačním systému rozvrhne dle nastaveného klíče. Je velice důležité mít možnost toto rozvržení modifikovat a podle potřeby reagovat na změny. Často je třeba dát přednost některým zakázkám a zároveň reagovat na odstávky pecí či poruchy zařízení, vložit novou důležitou zakázku do již zaplánované výroby[22].

Sledování výroby je realizováno sběrem údajů o skutečně odpracovaném času jednotlivých pracovníků, druhů operací a konkrétních kusů. Výsledkem jsou údaje o plnění profesí, o tom, kdy, kdo, kolik a čeho vyrobil[22].

Pro plánování a řízení výroby mohou slévárny využít informační systémy, které jsou dostupné na trhu nebo si je objednají a sestaví přímo na míru.

Informační systém RGU OPTI

Informační systém OPTI je systém pro plánování a řízení slévárenské výroby, vyráběný firmou RGU GmbH Dortmund. Systém je orientovaný na kusovou i sériovou výrobu a umožňuje komunikaci s okolními informačními systémy. Uživatel má možnost přizpůsobit software měnícím se podmínkám organizace a výroby. Systém OPTI nabízí velký rozsah funkcí, např. nadefinování objednávky, výpočet materiálových požadavků až po stanovení předběžné kalkulace ceny[24].

Zabezpečuje všechny oblasti celopodnikového řízení:[24]

- Logistiky zakázek
- Technologické přípravy výroby
- Plánování a řízení výroby
- Hospodaření s modely a nářadím
- Řízení jakosti

RGU umožňuje splnit následující cíle[24]:

- zvýšit průhlednost nákladů
- účinnější organizace a zlepšení provozních procesů
- manažerský informační systém
- informační systém pro zákazníka
- zlepšení předběžné a následné kalkulace
- zlepšení materiálového hospodářství a logistiky
- přesnější výpočet nákladů na odlévaný materiál, sledování nákladů na tavbu
- zlepšení podpory plánování a řízení výroby
- sledovat a řídit kvalitu výroby
- archivovat a vyhledávat dokumenty

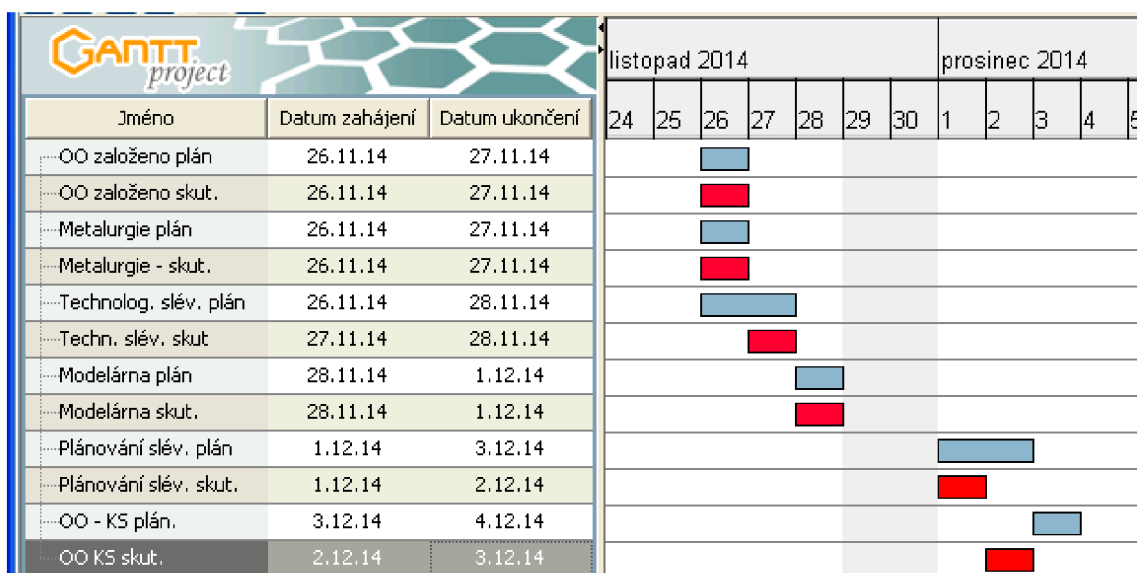
Helios Green

Informační systém HELIOS GREEN vyráběný firmou ASSECO Solutions, a.s. je určen pro velké a středně velké společnosti, přizpůsobí se požadavkům firmy, zaměřuje se i na slévárenskou výrobu. Je možnost si vybrat z již připravených specializovaných modulů obr. 8 nebo si objednat software na zakázku. Informační systém je vyvíjen ve spolupráci se společností Microsoft, a proto spolupracuje s řadou jejich aplikací[23].

Informační systém Helios Green je orientovaný na výrobu zakázkovou, kusovou a sériovou. Je zaměřený nejen na oblast technické přípravy výroby a řízení výroby, ale i na optimalizaci plánování a sledování nákladů na výrobek i zakázku. Sběr dat z výroby je možný pomocí etiket s čárovým kódem, což umožňuje sledovat produktivitu, kvalitu, rozpracovanou i dokončenou výrobu[23].

2.3.5.2 GanttProject

GanttProject je jednoduchý program pro tvorbu časových harmonogramů. Program je napsán v Javě, je přeložen do řady jazyků včetně češtiny a svá data ukládá do XML souborů. GanttProject podporuje všechny základní funkce pro řízení projektů, vytváří činnosti v projektu, nastavuje mezi nimi závislosti, alokuje pro ně zdroje, sleduje plnění, kontroluje spotřebu zdrojů a případná přetížení atd.[25].



Obrázek 7 – Ganttův diagram

Ganttův diagram obr. 7 je příklad grafického znázornění posloupnosti činností v čase. Umožňuje snadno plánovat, koordinovat a sledovat konkrétní úkoly, které se realizují při řízení projektů nebo programů. Na horizontální ose je časové období, ve kterém se plánuje, mohou to být dny, týdny, měsíce apod. Vertikálně se zobrazují jednotlivé kroky, úkoly, činnosti v takovém pořadí, které odpovídá jejich logickému sledu v plánovaném projektu[26]. Volit si můžeme barvy polí, které vyjadřují např. kdo má za realizaci aktivit zodpovědnost. Lze vložit do diagramu šipky, ty zobrazí návaznost a vztahy jednotlivých činností[25].

Nejčastěji se Ganttův diagram používá pro plánování výroby, aby byl výsledný plán uskutečnitelný v co nejkratší době. Slouží i ke kontrole výroby, jestli práce pokračuje podle rozvrhu, umožňuje předvídat to, co se stane a tím lépe odstranit překážky[23].

Hlavním účelem diagramů je zefektivnění procesů, které Ganttovy diagramy graficky popisují[26].

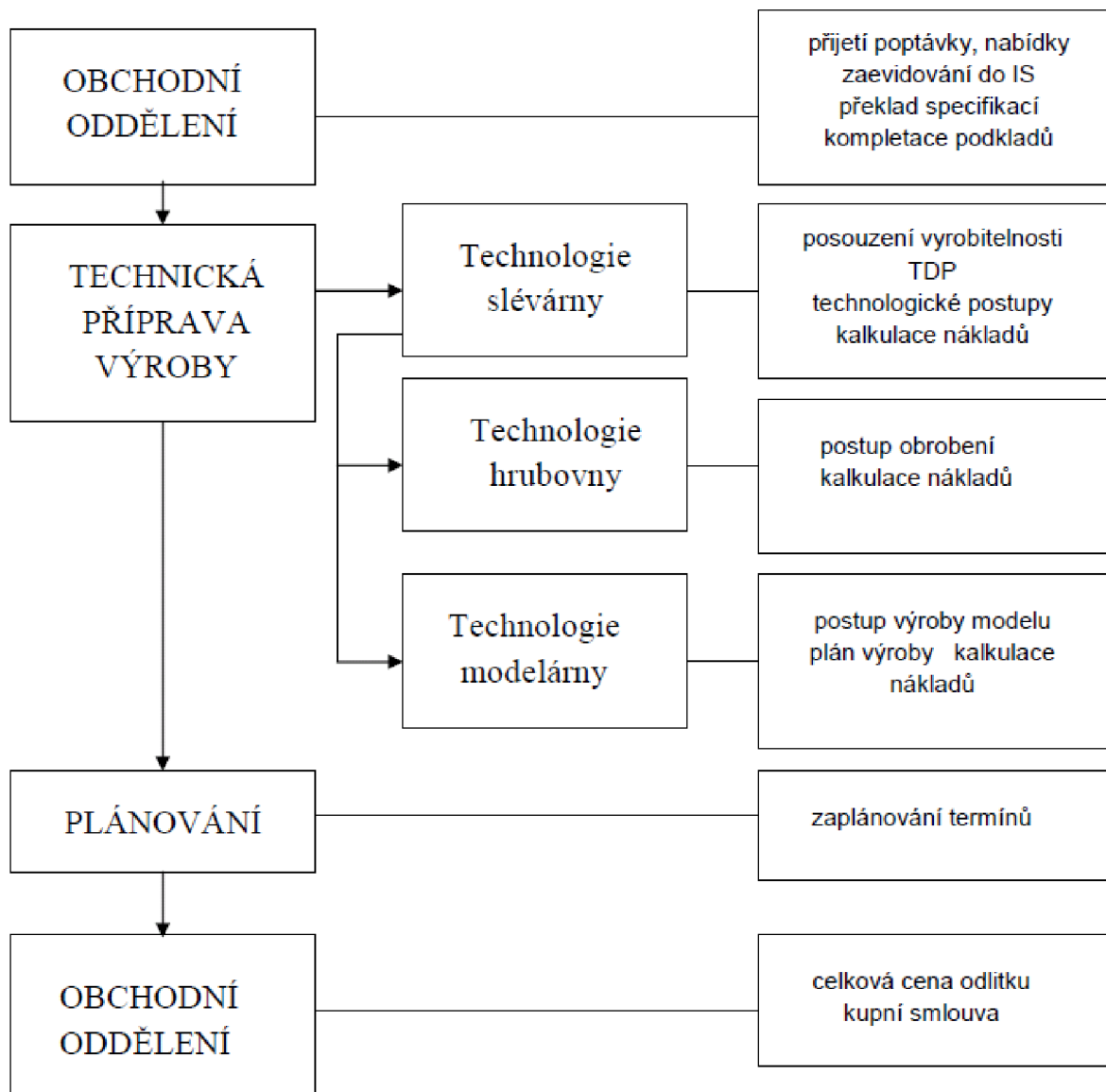
3 PRAKTICKÁ ČÁST

Jak již bylo v úvodu zmíněno metalurgická výroba ve firmě představuje více než polovinu výnosů firmy. Výroba odlitků k tomu přispívá z velké části. Díky neustálým modernizacím a inovacím se Metalurgie firmy ŽŽAS, a.s., řadí mezi přední světové výrobce odlitků.

3.1 Popis průběhu zakázky firmou

V této kapitole diplomové práce je popsán průběh zakázky v metalurgické části firmy ŽŽAS, a.s. při výrobě odlitku. Nejprve musí být připravena předvýrobní fáze, sem patří zpracování poptávky a objednávky na výrobu odlitku. Poptávkou se rozumí předběžný požadavek zákazníka na budoucí možnou výrobu a objednávka je závazné objednání odlitku zákazníkem. V současnosti zákazníci rozesílají poptávky do více firem s cílem zjistit si nejvýhodnější cenové a dodací podmínky.

Rozdíl mezi zpracováním poptávky a závazné objednávky je v tom, že poptávka neprobíhá tak podrobně, některé kroky jsou řešeny porovnáním s podobnou poptávkou či zakázkou. Je však snaha poptávku zpracovat správně a pečlivě, aby nedošlo při získání zakázky k zásadním změnám. Tyto dodatečné změny mají zpravidla vliv na zvýšení výrobních nákladů a prodloužení dodacích termínů. Na obr. 8 je znázorněn průběh poptávky (objednávky).



Obrázek 8 - Mapa hlavních předvýrobních procesů

3.1.1 Obchodní oddělení

O komunikaci se zákazníky se stará obchodní oddělení výroby odlitků. Zde se přijímají poptávky a objednávky, které přijdou elektronicky, případně je sjedná referent obchodního oddělení telefonicky nebo na základě osobního jednání se zákazníkem. Poptávka od zákazníka může být na jednotlivý odlitek nebo na sestavu odlitků. Referent obchodního oddělení provede zaevidování poptávky (nabídky) do informačního systému JIS, vypíše poptávkový list, na kterém je uvedeno evidenční číslo poptávky, název zákazníka, číslo výkresu, název součásti, materiál součásti, počet kusů. Zkompletuje veškerou výkresovou a technickou dokumentaci zaslanou zákazníkem a tyto materiály předá do technologie slévárny. Na výrobu odlitků se používá výkresová dokumentace dodaná výhradně zákazníkem.

3.1.2 Technická příprava výroby

Technolog slévárny nejprve prověří úplnost a srozumitelnost dodaných podkladů a posoudí, zda požadavky zákazníka odpovídají možnostem slévárny – materiál odlitku, hmotnost, rozměry, tepelné zpracování, tolerance odlitku, kvalita odlitku, předpisy na opravu odlitku. Poté zpracuje v informačním systému Technické dodací podmínky, dle požadovaného materiálu odlitku stanoví způsob výroby tekutého kovu, tepelné zpracování, navrhne požadavky na jakost a stav dodání odlitku. V technologii slévárny se provede návrh celé slévárenské technologie výroby odlitku a modelu, stanoví druh formovací směsi, způsob výroby modelu, jader, formy, volí technologické přísady na odlitek, do výkresu odlitku se zakreslí umístění nálitků, vtokové soustavy, vypočítá hrubou hmotnost odlitku. V normování je vytvořen postup výroby odlitku, podle kterého se řídí celý proces výroby odlitků, a stanoví se normy na jednotlivé operace.

Technologie hrubovny přebírá poptávku po zpracování v technologii Metalurgie. Zde se na základě požadavku zákazníka, dle výkresu, rozměrů a tvaru odlitku stanoví rozsah opracování. Určí se, zda se bude obrábění provádět ve firmě nebo v kooperaci a provede se kalkulace norem hrubovny.

Souběžně s technologií hrubovny zpracovává poptávku i oddělení technologie modelárny, kde se opět vychází z návrhu technologie Metalurgie. Podle navrhnutého materiálu modelu a modelového zařízení (většinou dřevo nebo polystyren) se vypracuje postup výroby modelu, stanoví se množství potřebného materiálu a předpokládaná doba výroby. Na to jsou opět vyčísleny náklady na použitý materiál i náklady spojené s výrobou celého modelového zařízení.

3.1.3 Oddělení plánování výroby

Na základě podkladů z obchodního oddělení, výrobního postupu z technologie slévárny, hrubovacího postupu a postupu na výrobu modelu provede vedoucí plánování výroby odlitků dílčí výrobní zaplánování výroby, ze kterého se určí požadovaná doba výroby odlitku. Vedoucí plánování přihlíží zejména k těmto faktorům:

- materiálu odlitku (způsobu přípravy tekutého kovu a tepelného zpracování materiálu)
- hmotnosti odlitku
- požadavkům na jakost (velikost zkoušených oblastí na odlitku)
- vytižení kapacit slévárny
- modelu odlitku (nový model, úprava či oprava stávajícího modelu, složitost modelu)
- složitosti odlitku
- způsobu opracování

Všechny tyto kroky zpracovávají pověřené úseky do firemního informačního systému JIS. Podklady se vrátí na obchodní oddělení, na jejich základě a veškerých vyjádřeních k poptávce referent vypočítá pomocí informačního systému celkovou cenu odlitku a zpracuje nabídku, kterou odešle zákazníkovi.

3.2 Informační systém v Metalurgii

Do osmdesátých let používala firma výhradně ručního zpracování informací formou kartoték, formulářů, tabulek apod. Potom se začaly postupně zavádět nově vznikající prostředky informačních technologií.

První informační systém pro Metalurgii ŽĎAS, a.s. byl nazvaný TPV a byl zaveden v roce 1995. Byly vytvořeny samostatné informační systémy pro každý metalurgický úsek: slévárnu, kovárnou, hrubovnu a modelárnu. Používaly programovací jazyk CLIPPER v operačním systému MS DOS. Systémy sloužily pro zpracování obchodního případu, základní plánování výroby a sledování vybraných operací. Nevýhodou těchto informačních systémů bylo, že mezi sebou vzájemně nespolupracovaly.

Ke sjednocení a propojení metalurgických útvarů informačním systémem došlo zavedením Jednotného informačního systému (JIS) v roce 2000. JIS je zakázkově orientovaný informační systém, navrhnutý pro zakázky na kusovou či sériovou výrobu. Byl vytvořen firmou I.T.Soft na objednávku a ve spolupráci s IT manažery firmy ŽĎAS, a.s. Původní verze pracovala také na základě programovacího jazyku CLIPPER v operačním systému MS DOS. Kvůli omezené kapacitě souborů a umožnění práce ve více aplikacích navzájem, informační systém JIS postupně přešel na programovací jazyk Visual FoxPro 9 v operačním systému Windows. Výhodou JIS je jeho komplexnost a rozdělení na jednotlivé moduly[27]. Systém prochází neustálým vývojem, pracovníci vývojového týmu využívají získaných zkušeností a rozšiřují jeho možnosti i na základě požadavků uživatelů. Tento systém umožnil zlepšit plánování výroby jednotlivých zakázek a sledování celého průběhu výroby.

3.2.1 Jednotný informační systém

Informační systém JIS shromažďuje a zpracovává data, která jsou nezbytná pro plánování výroby jednotlivých zakázek a sledování celého průběhu výroby na úseku metalurgie. Obsahuje kompletní podporu obchodu, technologie, plánování a výroby pro kovárnou, slévárnu, ocelárnu, hrubovnu i modelárnu. Zpracování obchodního případu v JIS začíná ihned po přijetí objednávky, která je zaregistrována referentem obchodního oddělení v systému. Následuje zpracování a doplnění informací ze všech po sobě jdoucích útvarů až po vystavení dodacího listu a faktury[27].

Cílem je, aby databáze byla úplná a jednotná, tj. aby obsahovala všechny podstatné informace a údaje nebyly opakovaně zadávány jinými uživateli. JIS obsahuje funkce pro export dat do účetního systému nebo pro další zpracování. Slouží také jako databáze k archivaci dat, resp. know how, se kterými lze stále pracovat[27].

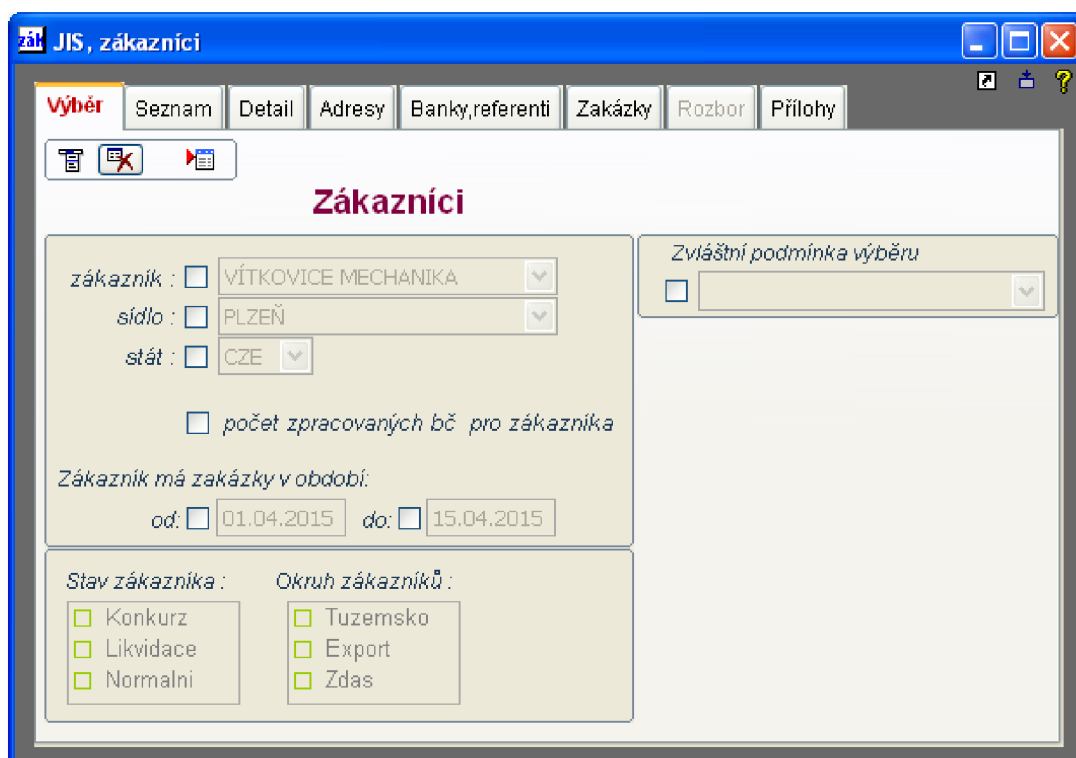
3.2.1.1 Uživatelské funkce JIS

Údaje z databáze jsou přístupné všem pracovníkům, kteří mají oprávnění s nimi nakládat. Každý uživatel má svá přístupová práva, ale možnosti používání informačního systému se mohou u uživatelů výrazně lišit. JIS je pojat jako stavebnice, která se skládá z mnoha relativně nezávislých programových funkcí, ty je možno vzájemně volit a kombinovat[27].

Funkce na podporu obchodní činnosti

Pomocí této funkce lze provádět všechny akce spojené se vztahy se zákazníky, obr. 9. Zahnuje vše, co souvisí se zpracováním nabídky, zakázky, vstup nového zákazníka do informačního systému, vypracování kupní smlouvy. Programové vybavení stanoví cenu jednotlivých odlítků včetně přírážek vyplývajících z jejich kalkulace[27].

Systém umožňuje generování cizojazyčných dokumentů a stanovení ceny v různých měnách.



Obrázek 9 - Ukázka zákaznického modulu

Funkce na podporu technologické přípravy výroby

Zde jsou zadávána data nutná pro plánování a řízení metalurgické výroby. Zpracovávají se kompletní postupy výroby např. odlitků - od výroby modelu, formy, čištění odlitku až po hotový opracovaný odlitek. Součástí modulu je program pro kalkulaci výrobních a režijních nákladů[27].

Funkce na podporu plánování a sledování výroby

V modulu plánování výroby jsou všechny funkce nutné pro plánování výroby a termínování výrobních zakázek. Sledování výroby probíhá na základě zpětných hlášení z výroby: odepisováním jednotlivých operací a vstupování skutečných dat z výroby. Tyto údaje jsou podkladem pro kontrolu nákladů a slouží jako podklad pro hodnocení podnikového hospodaření[27].

Detailní plánování umožňuje vytváření denních, týdenních a měsíčních plánů pro libovolný úsek výroby.

Do tohoto modulu patří i evidence taveb, normy litých materiálů, zkušebních klínů a evidence vsázek tepelného zpracování.

Funkce na podporu jakosti výroby

V modulu kontroly obr. 10 jakosti jsou nadefinovány veškeré zkoušky výrobků, které se budou v průběhu procesu provádět. Je zde určeno, které zkoušky a podle jaké normy se mají provádět, způsoby odběru vzorků, jaký typ osvědčení o kvalitě výrobku se bude dokladovat[27].

Standardně je generováno osvědčení o kvalitě ve třech jazycích. V systému JIS je možné také sledovat a dokladovat nedestruktivní zkoušky – magnetická zkouška povrchu, kapilární zkouška, ultrazvuková zkouška, rentgenová zkouška.

Do této oblasti se řadí i evidence neshodných výrobků a řešení reklamací.

| | Druh | Popis | Protokol | Založen | Uzavřen | Kusy | Sezná | Název protokolu |
|--------------------------|-------|-------------|----------|------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | MOJ06 | Insp. cert. | 20150101 | 08.01.2015 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 16 | Inspekční certifikát (EN 10204) |
| <input type="checkbox"/> | MOJ04 | mech.hod. | 20143736 | 19.12.2014 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 16 | Protokol o mechanických zkouškách |
| <input type="checkbox"/> | MOJ55 | roz.prot. | 20150023 | 07.01.2015 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 16 | Rozměrový protokol |
| <input type="checkbox"/> | MJJ21 | magnet.zk. | 20143372 | 16.12.2014 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 16 | Protokol o magnetické zkoušce |

Obrázek 10 - Ukázka modulu kontroly

Funkce na podporu ekonomické činnosti

Ze všech modulů se generují data pro ekonomické účetní uzávěrky a inventury výroby. Provádí se zde export dat pro manažerský informační systém a ekonomické rozborů výroby.

Operativní kontrola jakosti výrobních procesů je sledována na základě sběru dat a následném statistickém vyhodnocení a zobrazení výsledků.

U všech uživatelských funkcí lze vkládat nové požadavky, opravovat, doplňovat a prohlížet údaje. Většina uživatelských programových funkcí je uložena v systémových tabulkách, ty mohou být podle potřeby upravovány a rozšiřovány bez nutnosti změn uvnitř programu[27].

Informační systém JIS nabízí další funkce:

- možnost připojit libovolné dokumenty (obrázky, Word, Excel)
- uložení dokumentace
- připojit 3D výkresy a simulační programy

3.3 Řešení kvality při výrobě odlitků

Kvalita odlitku je sledována v průběhu celé výroby odlitků pracovníky kontroly a mistry jednotlivých pracovišť.

V průběhu výroby odlitku jsou určeny kontroly, které musejí být splněny na každém pracovišti:

Tavírna

- kontrola chemického složení materiálu
- kontrola teploty tekutého kovu

Formovna

- endoskopická kontrola formy
- rozměrová kontrola formy
- kontrola teploty odlévání

Čistírna

- kontrola upálení nálitků
- kontrola mechanických vlastností
- kontrola vnější a vnitřní jakosti odlitku
- rozměrová kontrola

Obrobna

- rozměrová kontrola odlitku před opracováním a po opracování

Výstupní kontrola

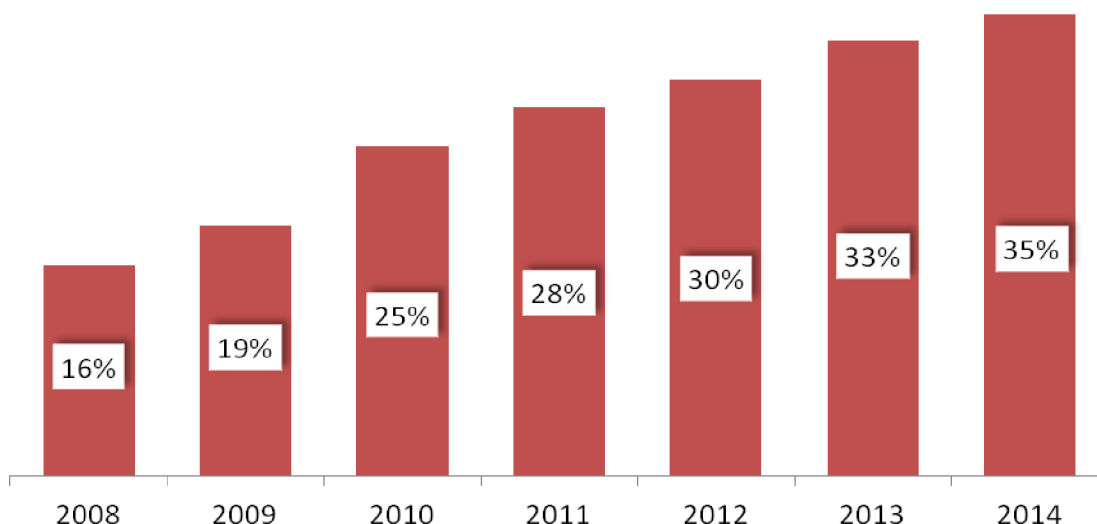
- kontrola všech atestů požadovaných zákazníkem dle EN 10204
- kompletnost dokumentů

Pokud se v průběhu výroby objeví nesoulad, je řešen příslušnými vedoucími (technickými) pracovníky případně se zákazníkem.

3.3.1 Simulační program

Jednou z možností zvýšení kvality odlitků je použití simulačních programů. S ohledem na stoupající technologickou náročnost výroby odlitků zakoupila firma ŽDAS, a.s. v roce 1995 simulační program MAGMAsoft®. Pro možnost simulace lití ocelí byly nainstalovány moduly MAGMAstandard a MAGMAsteel. Pro analýzu napětí a deformací odlitku byla instalace doplněna o modul MAGMAstress.

Zpočátku software sloužil ke zkvalitňování složitějších odlitků, jako jsou turbínové skříně, což bylo asi 5 % výroby. Nyní se simuluje v průměru 35 % odlitků obr. 11, cílem je simulování 60 % odlitků.


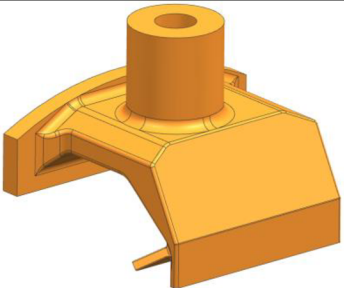
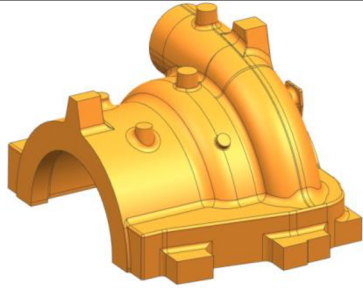


Obrázek 11 Podíl simulovaných odlitků ve výrobě

Vývoj v oblasti hardware a software jde neustále kupředu, také simulační programy jsou neustále zdokonalovány a rozšiřovány jak v možnostech funkcí a výkonu programu, tak i v přesnosti a rychlosti numerických výpočtů. V současnosti je technologické pracoviště vybaveno dvěma výkonnými počítači, na kterých jsou aktualizovány nejnovější verze software.

V tab. 2 je na příkladu tří rozdílných odlitků porovnán výkon softwaru při výpočtu plnění a tuhnutí odlitku u verze softwaru z roku 2001 a nejnovější verze. Je patrné, že časy výpočtů se snížily v průměru o více než polovinu.

Tabulka 2 Poměr výkonu softwarů při výpočtu simulací

| | | | |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| |  |  |  |
| Původní verze [h] | 66,5 | 7,2 | 25,5 |
| Nová verze [h] | 41,2 | 2,9 | 8,7 |
| Rozdíl | 61,9% | 40,3% | 34,1% |

3.3.1.1 Využití simulačního programu

V technologii výroby odlitků připravují data pro výpočty simulací v současnosti tři zkušení pracovníci, kteří používají modelační systém Unigrafix. Při modelování se nahradí zkoumaný systém jeho modelem, ze kterého jsou získávány informace pomocí pokusů o původním zkoumaném systému výhodněji, rychleji i ekonomičtěji.

Pro simulaci se vybírají hlavně:

- tvarově složité odlitky
- odlitky z nových nebo málo vyráběných materiálů
- odlitky s vysokými požadavky na jakost
- odlitky dodávané v počtu více kusů
- odlitky vyšších váhových kategorií

Sortiment simulovaných odlitků tvoří převážně odlitky pro energetiku, turbínové skříně, lopatky pro vodní turbíny, nosiče lopatek, traverzy, příčníky.

Metalurgie využívá software MAGMA především pro:

- výpočet doby plnění formy tekutým kovem
- časy tuhnutí odlitku
- predikci případných defektů
- rozložení napětí v odlitku a částech formy

Postup modelování je následující:

- vytvoření simulačního modelu – z 3D dat rozměrů odlitku poslaných od zákazníka nebo zpracováním v 3D programu z abstraktního modelu pomocí programovacího jazyka
- zadání vstupních podmínek simulace
- zpracování výsledků – záznam průběhu simulace
- analýzy simulace
- výběr nejlepší alternativy

3.3.2 Výsledky simulace

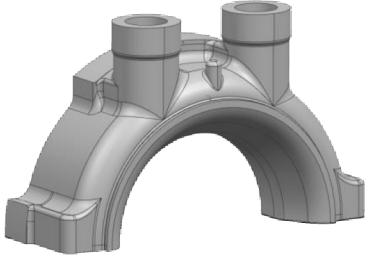
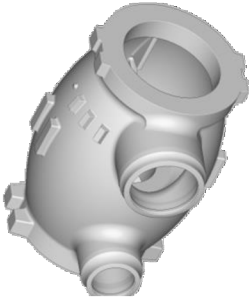
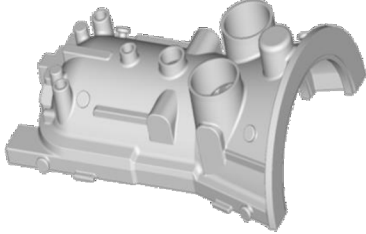
Při vyhodnocení výsledků simulace se sleduje a analyzuje především:

- *Fáze plnění formy tekutým kovem*
 - rovnoměrnost plnění v celém průřezu dutiny formy
 - zda nedochází k rozstříku kovu, přetékání taveniny, rozlévání apod.
 - homogenost teplotního pole
 - rychlost proudění kovu
 - místa s výskytem vměstků
 - sledování tlaků plynů v tavenině
 - kritická místa promíchání plynů s tekutým kovem
- *Fáze tuhnutí a chladnutí odlitku ve formě*
 - časy tuhnutí v jednotlivých místech – snaha o rovnoměrné a usměrněné chladnutí odlitků
 - výpočet teplotního pole, podíl tekuté fáze se využívá k výpočtu doby chladnutí odlitku
 - rozložení napětí a deformací v odlitku
 - místa výskytu kritických oblastí
- *Fáze tepelného zpracování odlitku*
 - teplota v průběhu tepelného zpracování
 - stanovení optimální doby výdrže na teplotě
 - výsledná struktura materiálu
 - odhad mechanických vlastností materiálu

3.3.3 Hodnocení simulačního programu

Přínos softwaru Magma se ve firmě hodnotí na odlitcích, které se navrhovaly klasickou technologií a nyní za použití simulačního programu. Porovnání je zobrazeno v tab. 3 na odlitcích zařazených podle podobnosti a hmotnosti do skupin.

Tabulka 3 – Porovnání technologií při hodnocení objemu vad odlitků

| Dýzové skříně | Tělesa komory | Turbínové skříně |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Průměrná hmotnost 500 kg | Průměrná hmotnost 5 000 kg | Průměrná hmotnost 15 000 kg |
| Snížení objemu vad v průměru o 37 % | Snížení vad v průměru o 31 % | Snížení vad v průměru o 29 % |
|  |  |  |

U každého simulovaného odlitku se obvykle provádí více verzí simulací, a to pro:

- minimalizaci objemu vnitřních vad,
- optimální využití tekutého kovu,
- analýzu deformace (zkroucení a smrštění) během tuhnutí a chladnutí.

Snahou technologa je zadat do výroby odlitek co nejlépe technologicky doladěný, a tím minimalizovat nákladné opravy v samotném výrobním procesu.

Získaná 3D data se také v Metalurgii využívají pro: výrobu modelu

- přesnější výpočet hmotnosti odlitku
- stanovení objemu kovu na odlití
- stanovení doby lití
- obrábění
- výpočet povrchu odlitků pro stanovení nákladů na nedestruktivní zkoušky, broušení, nátěry odlitků
- při rozměrové kontrole

3.4 Náklady při výrobě odlitků

V Metalurgii ŽĎAS, a.s. je pro výpočet celkových nákladů používán vlastní nákladový systém, který je součástí Jednotného informačního systému JIS. Jednotný informační systém je neustále vyvíjen a doplňován, a také i samotný nákladový systém je neustále vylepšován, aby dostatečně a přesně popisoval aktuální výrobní procesy.

Hlavní cíle nákladového systému:

- sledování hospodárnosti výroby,
- výpočty nákladů s vysokou přesností,
- kalkulace maxima položek jako přímé náklady,
- snižovat podíl režijních nákladů,
- separace odlišných operací
- soulad skutečných nákladů v JIS a měsíční účetní uzávěrky
- snadné odhalení odchylek skutečných nákladů

Předběžná kalkulace

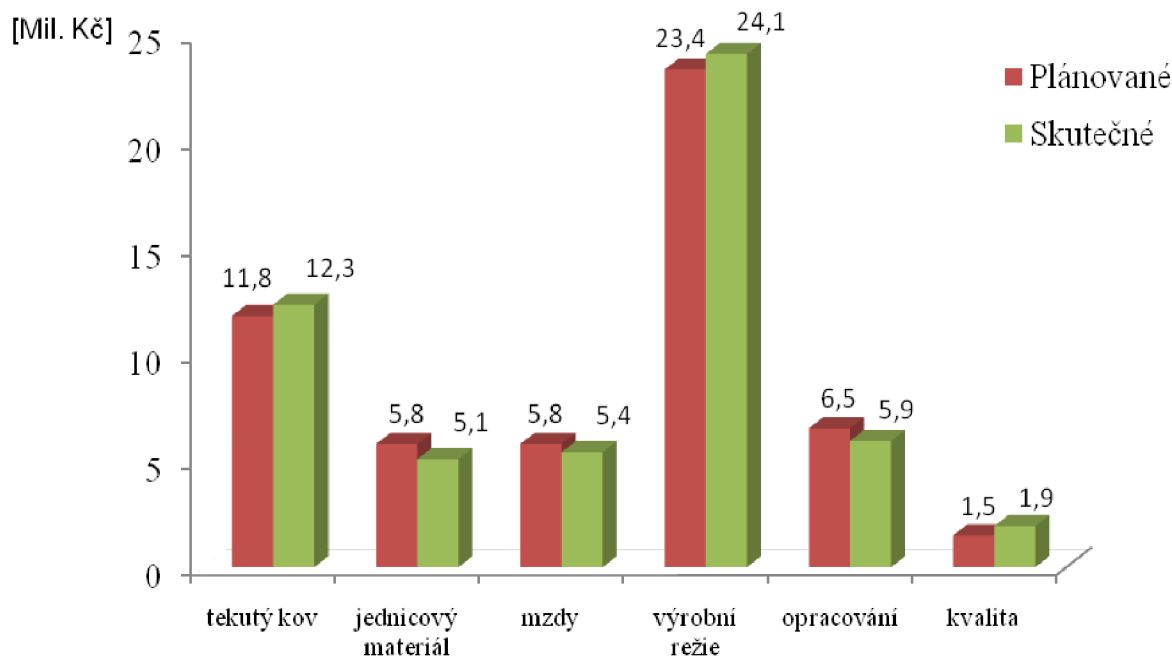
Hlavním podkladem pro stanovení předběžné kalkulace nákladů odlitku je detailní technologický postup, který je sestaven dle technicko-dodacích podmínek a výkresu odlitku. V informačním systému JIS jsou nastaveny vzorce pro výpočty nákladů k jednotlivým operacím a podle časů navržených technologem informační systém vypočítá náklady, které slouží jako podklad obchodnímu oddělení ke stanovení cenové nabídky.

Výsledná kalkulace

Během výroby jsou na všech sledovaných operacích prováděny záznamy do informačního systému skutečně odpracovaného času a skutečné spotřeby materiálu. Také tyto údaje vypočítají dle nastavených vzorců a sazeb pracovišť skutečné náklady výroby. To slouží ke zjištění efektivity výroby. Po ukončení každé zakázky je provedena kontrola výsledků a analýza odchylek předběžné a výsledné kalkulace, toto srovnání se provádí i při měsíční uzávěrce, obr. 12.

Kalkulace vlastních nákladů výroby odlitků je složena s těchto položek:

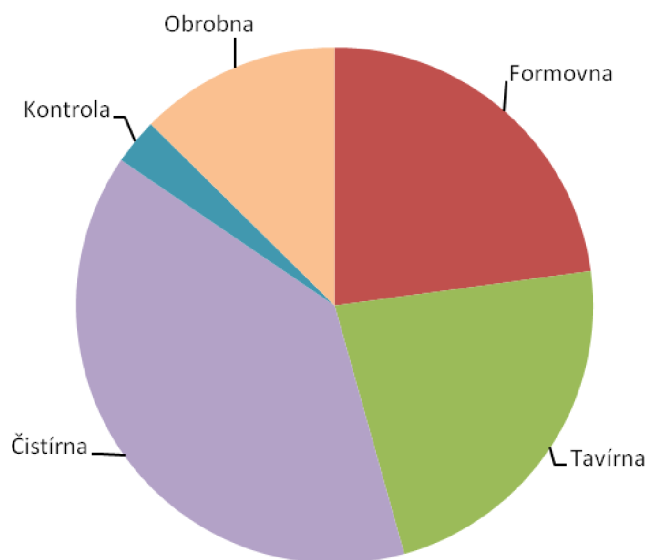
- náklady na tekutý kov,
- náklady na jednicový materiál,
- náklady na mzdy pracovníků,
- výrobní režie,
- náklady na opravování,
- náklady spojené s kvalitou výroby – nedestruktivní zkoušky.



Obrázek 12 – Porovnání měsíčních plánovaných a skutečných nákladů

Kalkulace nákladů lze vyhodnotit i dle jednotlivých středisek obr. 13:

- formovnu - kontrolu
- tavírnu - obrobnu
- čistírna



Obrázek 13 - Skladba nákladů dle nákladových středisek

3.5 Sledování výroby odlitků

Výrobní část odlitků byla sledována na pracovištích formovna, čistírna a hrubovna. Pracoviště formovna objednává tekutý kov z tavírny, plán na tekutý kov se připravuje s týdenním předstihem, následně se řeší operativně při denním plánování se snahou o maximální využití tavicích pecí.

Na sledování výroby byly vybrány tři odlitky s různým výrobním postupem. V tabulce 4 je uvedeny vybrané odlitky, jejich název, expediční hmotnost, obecný název materiálu a místo odběratele.

Tabulka 4 - Vybrané odlitky

| Odlitek | Název | Hmotnost | Materiál | Odběratel |
|---------|-----------------|----------|---------------|-----------|
| č. 1 | Piano Cilindro | 6 050 | Uhlíková ocel | Itálie |
| č. 2 | Lopatka | 3 850 | Nerezová ocel | Slovinsko |
| č. 3 | Turbínová skříň | 4500 | Uhlíková ocel | Itálie |

Průběžně byla sledována výroba těchto odlitků a to jak fyzicky, tak za pomoci informačního systému JIS, do kterého jsou z výroby zaznamenávány:

- data a časy jednicových operací,
- data předávání odlitků na následující pracoviště a sledované operace,

- průběh tepelného zpracování,
- protokoly vyhodnocení zkoušek,
- neshody apod.

Výsledky byly zpracovány následovně:

- odečtení plánovaných ztrát dle směnnosti jednotlivých pracovišť od kalendářního časového fondu,
- odečtení zjištěných časů skutečné práce na odlitku, technologického času, doby manipulace a doby čekání na jeřáb,
- stanovení nutné doby čekání na operaci,
- výsledkem je doba čekání na operaci ztrátová
- podrobná analýza časů pracoviště čistírna

V přílohách jsou vloženy od každého sledovaného odlitku tabulky s analyzovanými časy, ze kterých jsou zpracovány konkrétní data a grafy v následující části diplomové práce.

Nejpodrobnější rozbor časů operací byl proveden na pracovišti čistírna, které je z důvodu vyráběného sortimentu nejsložitější a nejnáročnější na splnění plánovaných termínů.

U všech odlitků byl zpracován časový průběh plánovaných a skutečných operací do Gantt diagramu, z něhož lze vidět, zda byla na jednotlivých operacích překročena plánovaná doba. V diagramu jsou plánované časy označeny modrou barvou a skutečné červenou barvou.

Při sledování výroby odlitků byly zaznamenávány jednotlivé časy do tabulky dle následujícího rozdělení:

Skutečný čas práce na odlitku (SČ) – zde jsou zahrnuty všechny časy jednicových operací (formování, tryskání, upalování, broušení, svařování ...) i čas režijní potřebný pro tepelné zpracování a na kontrolu odlitku.

Technologický čas (TČ) – čas spojený s předchozí operací, je určený technologem, čas při kterém se na odlitku nemůže pracovat. Je to čas nutný na vysušení formy na pracovišti formovna, čas chladnutí odlitku po odlití, po vytlučení z formy a po tepelném zpracování.

Doba manipulace (DM) – zahrnuje čas potřebný na převoz a manipulaci s odlitkem, nakládání na tryskací komoru, žihací pec, rýsplotnu, převoz do svařovacího boxu, na broušení apod.

Na slévárně se manipuluje s odlitky pomocí mostových jeřábů, jeden úsek v hale je možné překonat pomocí kolejového vozíku. Výrobní hala je rozdělena na jednotlivá pole, některá obsluhuje jeden jeřáb, některá dva. Manipulace je zdoluhavá i z důvodu, že na jednotlivých polích je více pracovišť, která musejí být obsloužena.

Čas ztrátový (ČZ) – odlitek je po ukončení jedné operace připraven na operaci následující, ale nepracuje se na něm.

Plánované ztráty (PZ) – doba, kdy se na pracovištích nepracuje – víkendy, odstavka, čas mimo pracovní dobu u jednosměnných a dvousměnných pracovišť, čas na půlhodinovou přestávku v každé směně.

V tabulce 5 jsou vypsány všechny operace, kterými odlitek během výroby prochází, dále je zde popsán způsob provedení jednotlivých operací a v kolika směnách jsou pracoviště obsluhována.

Tabulka 5 – Způsob provedení a směnnost operací

| Operace | Způsob provedení | Směnnost |
|---------------------|------------------|--------------------|
| Formování | Ruční | Dvousměnný provoz |
| Vytloukání | Ruční | Třisměnný provoz |
| Čištění z písku | Ruční | Jednosměnný provoz |
| Tryskání | Strojní | Třisměnný provoz |
| Tepelné zpracování | Strojní | Nepřetržitý provoz |
| Apretace | Ruční | Dvousměnný provoz |
| Broušení Andromatem | Strojní | Dvousměnný provoz |
| Broušení | Ruční | Nepřetržitý provoz |
| Svařování | Ruční | Třisměnný provoz |
| NDT | Ruční | Třisměnný provoz |
| Opracování | Strojní | Dvousměnný provoz |
| Výrobní kontrola | Ruční | Dvousměnný provoz |

3.5.1 Sledování odlitku č. 1

Odlitek č. 1 obr. 14 je nosič forem pro vstřikovací lis na barevné kovy. Odlitek nebyl složitý na výrobu, ani požadavky zákazníka na jakost nebyly vysoké. Na tomto odlitku byly splněny naplánované termíny v obou částech výroby – v předvýrobní i výrobní části. Časy výrobních operací byly analyzovány, nejpodrobnější rozbor byl proveden na pracovišti čistírna, které je z důvodu vyráběného sortimentu nejsložitější a nejnáročnější na splnění plánovaných termínů.



Obrázek 14 - Odlitek č. 1

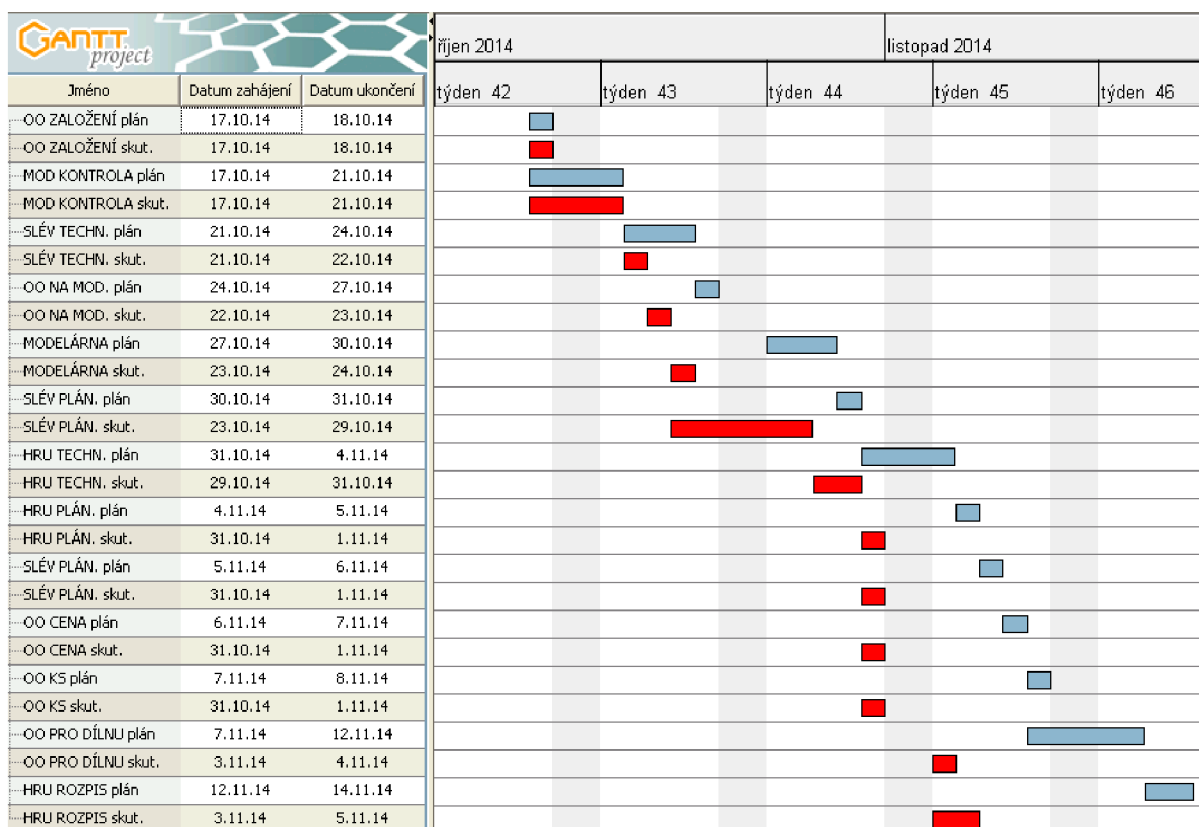
3.5.1.1 Předvýrobní část odlitku č. 1

Tento odlitek byl již v minulosti ve slévárně vyráběn, proto byla předvýrobní část zpracována na základě předchozích zakázek.

Z Ganttova diagramu, obr. 15 vyplývá:

- plán na zpracování objednávky - 20 pracovních dnů,
- skutečný čas zpracování objednávky - 15 pracovních dnů.

Zakázka byla zpracována plynule na všech odděleních, časové ztráty vznikly při rozplánování termínů z důvodů kumulace jiných poptávek a zakázek.



Obrázek 15 - Průběh zpracování objednávky odlitku č. 1

3.5.1.2 Výrobní část odlitku č. 1

Příprava formy byla zahájena souběžně s uvolněním zakázky na dílnu. Na pracovišti formovna byl kladen velký důraz na dodržení technologického postupu, řádného upěchování modelového zařízení, doby zasychání a tuhnutí nátěru formy. Výroba jader a formy byla prováděna ve dvousměnném provozu se zanedbatelnou časovou ztrátou.

Po předání odlitku na čistírnu se po jeho vychladnutí čistil zapečený písek ručním kladivem, celkové očištění se provedlo v tryskací komoře pomocí ocelového granulátu. Po základním vyčištění následovalo tepelné zpracování odlitku, aby se dosáhlo požadovaných mechanických vlastností. Tepelné zpracování je zdoluhavý proces, který je navržen metalurgem podle materiálu odlitku. Nejprve probíhá pomalý ohřev na teplotu 900 °C, na této teplotě se setrvává po předepsanou dobu, potom celá vsázka žíhací pece chladne na vzduchu. Po tepelném zpracování následuje upalování nálitku a vtoků na odlitku, ty se musí z důvodu minimalizace vad v oblasti pod nálitkem odstranit za zvýšené teploty 300 °C. Následuje operace apretování, tj. dočištění odlitků od formovacích směsí a okují, a na robotizovaném pracovišti Andromat se zabrousí plocha odlitku po nálitku. Potom byl odlitek předán na obrobnu na opracování.

Obrobna provedla proměření a prorýsování odlitku dle technologického postupu, následně se na obráběcí stroji uskutečnilo požadované opracování. Čas potřebný na opracování byl stanoven technologem.

Konečné dohotovení odlitku č. 1 proběhlo opět na čistírně. Podle požadavků daných zákazníkem byla provedena kontrola povrchu magnetickou zkouškou. Pro zhotovení této zkoušky se musí povrch odlitku připravit broušením ruční bruskou a viditelné defekty se

opraví svařováním pomocí elektrody zvolené dle materiálu odlitku. Místa po svařování vizuálních vad musí být zabroušena. Takto připravený odlitek je na NDT pracovišti přijat k magnetické zkoušce. Následuje tepelné zpracování a vyhodnocení mechanických vlastností ze zkušebních klínů.

Poslední operací je proměření odlitku na pracovišti kontrola a vystavení rozměrového protokolu. Inspektor jakosti zkompletuje požadovanou dokumentaci k odlitku:

- protokol o chemickém složení,
- protokol o mechanických zkouškách,
- protokol o magnetické zkoušce,
- rozměrový protokol.

3.5.1.3 Vyhodnocení výroby odlitku č. 1

Z přílohy č. 1 - skutečný průběh výroby odlitku byla vytvořena tabulka 6.

Tabulka 6 – Shrnutí časů při výrobě odlitku č. 1

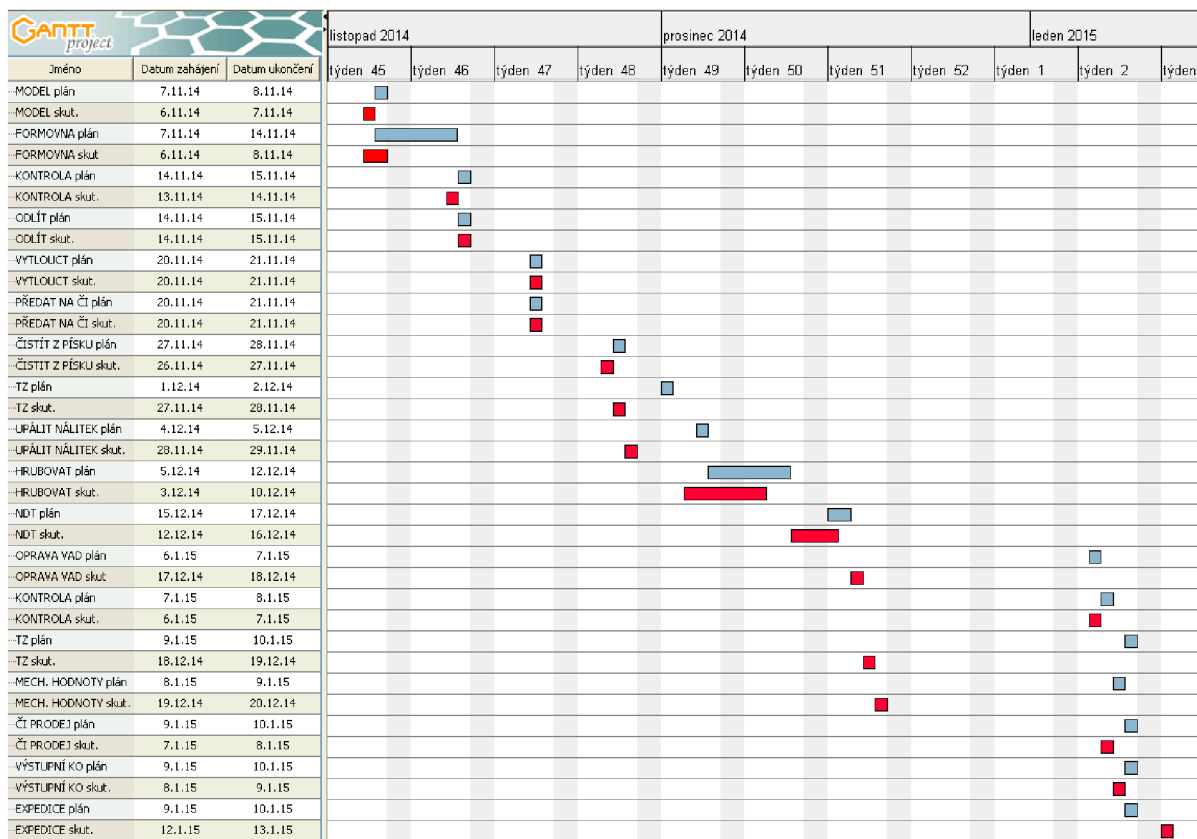
| | [hodiny] | [%] |
|-------------------------------|-------------|------|
| Skutečný čas práce na odlitku | 252 | 36,8 |
| Technologický čas | 215 | 31,4 |
| Doba manipulace | 11,5 | 1,7 |
| Doba čekání na jeřáb | 8,75 | 1,3 |
| Čas ztrátový | 197,25 | 28,8 |
| Plánované ztráty | 780 | |
| Celkem | 1446 | |
| Čas bez plánovaných ztrát | 684 | 100 |

Z tabulky 6 a přílohy 1 lze vyčíst následující informace:

- celkový čas výroby odlitku - 1446 hodin
- čas ztrátový -197,25 hodiny
- čas pro formovnu bez plánovaných ztrát - 258 hodin
- čas pro obrobnu bez plánovaných ztrát 75 hodin
 - 47 h čas ztrátový
- čas pro čistírnu bez plánovaných ztrát - 351 hodin
 - 149,25 h čas ztrátový

Na obr. 16 je znázorněn plánovaný a skutečný průběh výroby tohoto odlitku pomocí Ganttova diagramu, ze kterého vyplývá:

- odlitek č. 1 byl naplánován a vyroben za 7 pracovních týdnů.



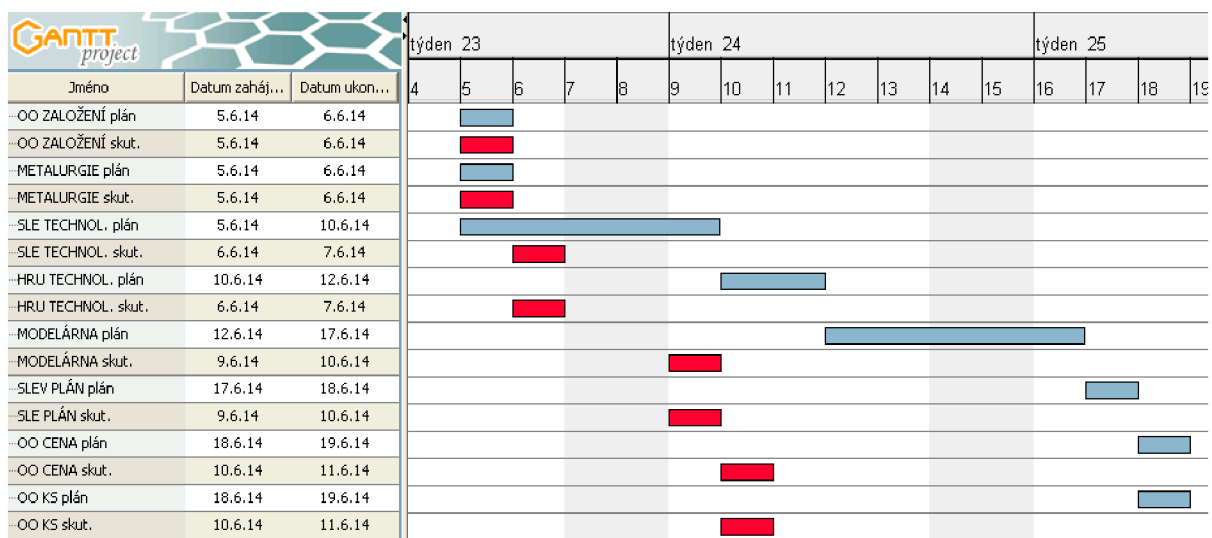
Obrázek 16 – Průběh zpracování výrobní fáze odlitku č. 1

3.5.2 Sledování odlitku č. 2

Druhým odlitkem ke sledování výroby byla vybrána lopatka pro Kaplanovu vodní turbínu. Technologicky se jedná o náročný odlitek. Materiálem na výrobu lopatky je nerezová ocel. Objednávce tohoto odlitku předcházela poptávka, která byla také zpracována.

Z Ganttova diagramu, obr. 17 vyplývá:

- plán na zpracování poptávky - 11 pracovních dnů,
- skutečný čas zpracování poptávky - 5 pracovních dnů



Obrázek 17 – Průběh zpracování poptávky odlitku č. 2

3.5.2.1 Předvýrobní část odlitku č. 2

Objednávka odlitku lopatky byla na 12 kusů a jednalo se o novou zakázku.

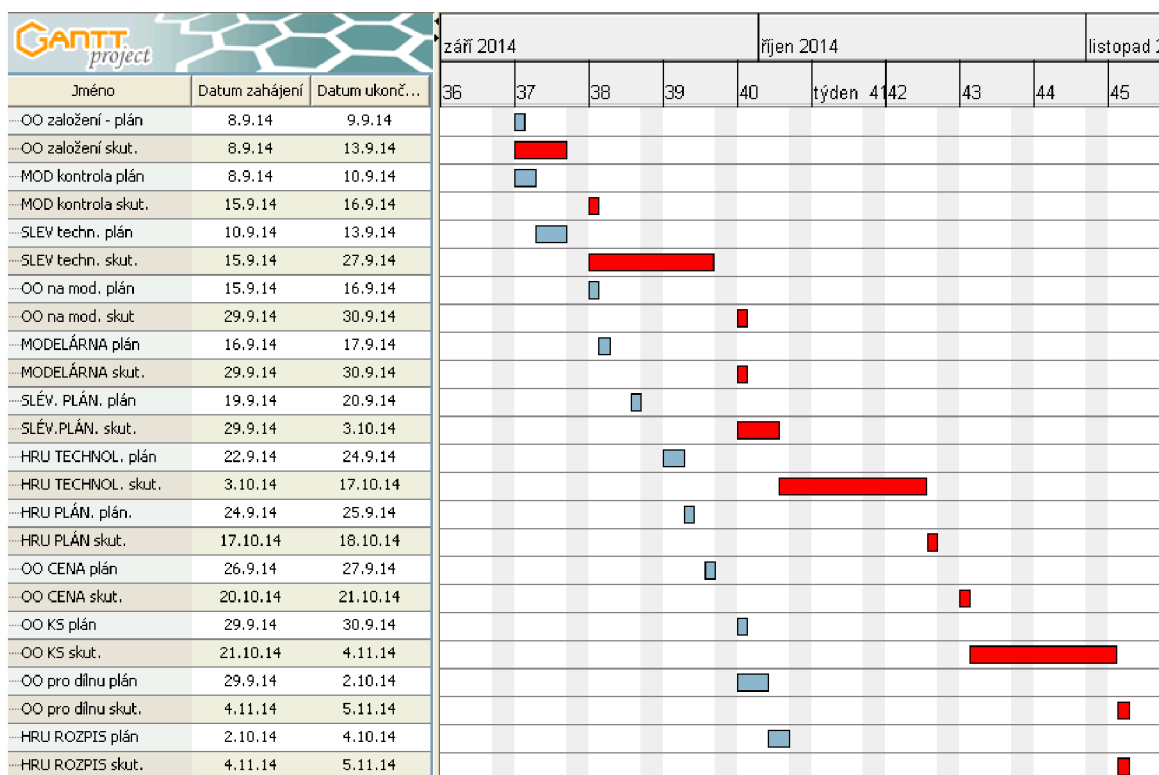
Z Ganttova diagramu obr. 18 vyplývá:

- plán na zpracování objednávky – 20 pracovních dnů
- skutečný čas zpracování objednávky – 42 pracovních dnů

Při zpracování objednávky došlo k termínovému zdržení na čtyřech místech:

- při založení zakázky,
- v technologii slévárny,
- při zpracování hrubování,
- při odsouhlasování kupní smlouvy.

Rozborem těchto míst bylo zjištěno, že při založení zakázky nebyla dodána kompletní dokumentace na výrobu odlitku od zákazníka. Technologie slévárny rozporovala 3D rozměrová data i nejasnou technickou dokumentaci a zákazník poslal nový doplněný výkres. V technologii hrubovny došlo ke kumulaci zakázek a poptávek i zde byly problémy s požadovanými rozměry. V průběhu odsouhlasování kupní smlouvy zákazník tuto objednávku na 14 dnů pozastavil.



Obrázek 18 - Průběh zpracování objednávky odlitku č. 2

3.5.2.2 Výrobní část odlitku č. 2

Zakázka na výrobu lopatek obr. 19 byla termínově rozplánována po 4 kusech. Tyto odlitky se formují a odlévají po dvou kusech, z důvodu optimálního využití nataveného materiálu a následného tepelného zpracování, tj. využití kapacity žíhacích pecí.



Obrázek 19- Odlitek č. 2

Tyto odlitky jsou vyráběny z materiálu, u kterého se musí ve fázi po odlití sledovat teplota ochlazování. Po dosažení teploty 300 °C se odlitky vytlučou a předají na čistírnu do žíhací pece k pomalému dochlazení na teplotu okolí. Dochlazování se provádí z důvodu nežádoucích teplotních rozdílů v různých tloušťkách odlitku, kde je riziko popraskání materiálu.

Odlitek se očistí, otryská a nahřeje na teplotu 300 °C pro další operaci upálení nálitkové a vtokové soustavy a ihned se vrací do žíhací pece na tepelné zpracování. Následuje tryskání, dočištění a předání odlitku na obrobnu na provedení opracování.

Dokončovací operace se provádějí na čistírně, odlitek se brousí pro provedení magnetické a ultrazvukové zkoušky. U tohoto odlitku je požadavek informovat zákazníka o vadách zjištěných při nedestruktivních zkouškách. To znamená, že se v odlitku po magnetické a ultrazvukové zkoušce vady vybrousí, zakreslí do protokolu a zákazníkovi se podá informace. Zákazník pověří svého inspektora jakosti, který zkontroluje správnost odstranění vad a uvolní odlitek k další operaci. Po opravě se opakuje nedestruktivní kontrola zavařených míst a odlitek musí být znovu tepelně zpracován a zkontrolován. Po posledním tepelném zpracování se odešlou zkušební klíny do laboratoře na vyhodnocení mechanických vlastností, které probíhá za účasti zástupce zákazníka. Pověřený zástupce zákazníka zkontroluje rozměry odlitku, jakost odlitku a kompletní dokumentaci:

- protokol o chemickém složení,
- protokol o mechanických zkouškách,
- protokol o zkoušce tvrdosti,
- protokol o nedestruktivních zkouškách,
- protokol o registrovaných vadách,
- protokol o tepelném zpracování,
- rozměrový protokol.

3.5.2.3 Vyhodnocení výroby odlitku č. 2

Z přílohy č. 2 - skutečný průběh výroby odlitku byla vytvořena tabulka 7.

Tabulka 7 - Shrnutí časů při výrobě odlitku č. 2

| | [hodiny] | [%] |
|-------------------------------|---------------|------|
| Skutečný čas práce na odlitku | 543 | 38,2 |
| Technologický čas | 177,5 | 12,5 |
| Doba manipulace | 30 | 2,1 |
| Doba čekání na jeřáb | 20 | 1,4 |
| Čas ztrátový | 650,5 | 45,8 |
| Plánované ztráty | 744 | |
| Celkem | 2164,5 | |
| Čas bez plánovaných ztrát | 1420,5 | 100 |

Z tabulky 7 a přílohy 2 lze vyčíst následující informace:

- celkový čas výroby odlitku – 2164,5 hodiny
- čas ztrátový – 650,5 hodin
- čas pro formovnu bez plánovaných ztrát - 132 hodin
 - 6 h čas ztrátový
- čas pro obrobnu bez plánovaných ztrát 90 hodin
 - 28 h čas ztrátový čas,
- čas pro čistírnu bez plánovaných ztrát – 1198,55 hodiny
 - 616,5 h čas ztrátový

Na obr. 20 je zpracování průběhu výroby lopatky v Gantt diagramu, ze kterého je proveden následující rozbor:

- plán na výrobu odlitku - 8 pracovních týdnů
- skutečný čas výroby odlitku - 10,5 pracovních týdnů
 - zdržení – při přípravě povrchu odlitku na nedestruktivní zkoušky
 - při čekání na vyjádření zákazníka k opravám vad

3.5.3 Sledování odlitku č. 3

Třetím vybraným odlitkem je výroba kompletní turbínové skříně pro elektrárnu obr. 21. Materiál odlitku je středně legovaná ocel, vhodná pro použití při vyšších teplotách. Technologicky se jedná o náročnější výrobek, který je svařen ze dvou částí, z odlitku turbínové skříně a ventilu.

Pro jeho výrobu zákazník požaduje ve svých specifikacích tepelně zpracovávat tyto odlitky v kalibrovaných a kvalifikovaných pecích. V současné době má pracoviště čistírna šest žhacích pecí, na všech musí být prováděna zkouška rovnoměrnosti teploty v peci (kvalifikace) v časovém intervalu dle norem. Zákazník požaduje tento interval kratší, proto jsou vybrány dvě žhací pece, na kterých je kvalifikace prováděna častěji.

Na tento odlitek nebyla provedena poptávka, zakázka se uzavřela přímo při jednání u zákazníka.



Obrázek 21

3.5.3.1 Předvýrobní část odlitku č. 3

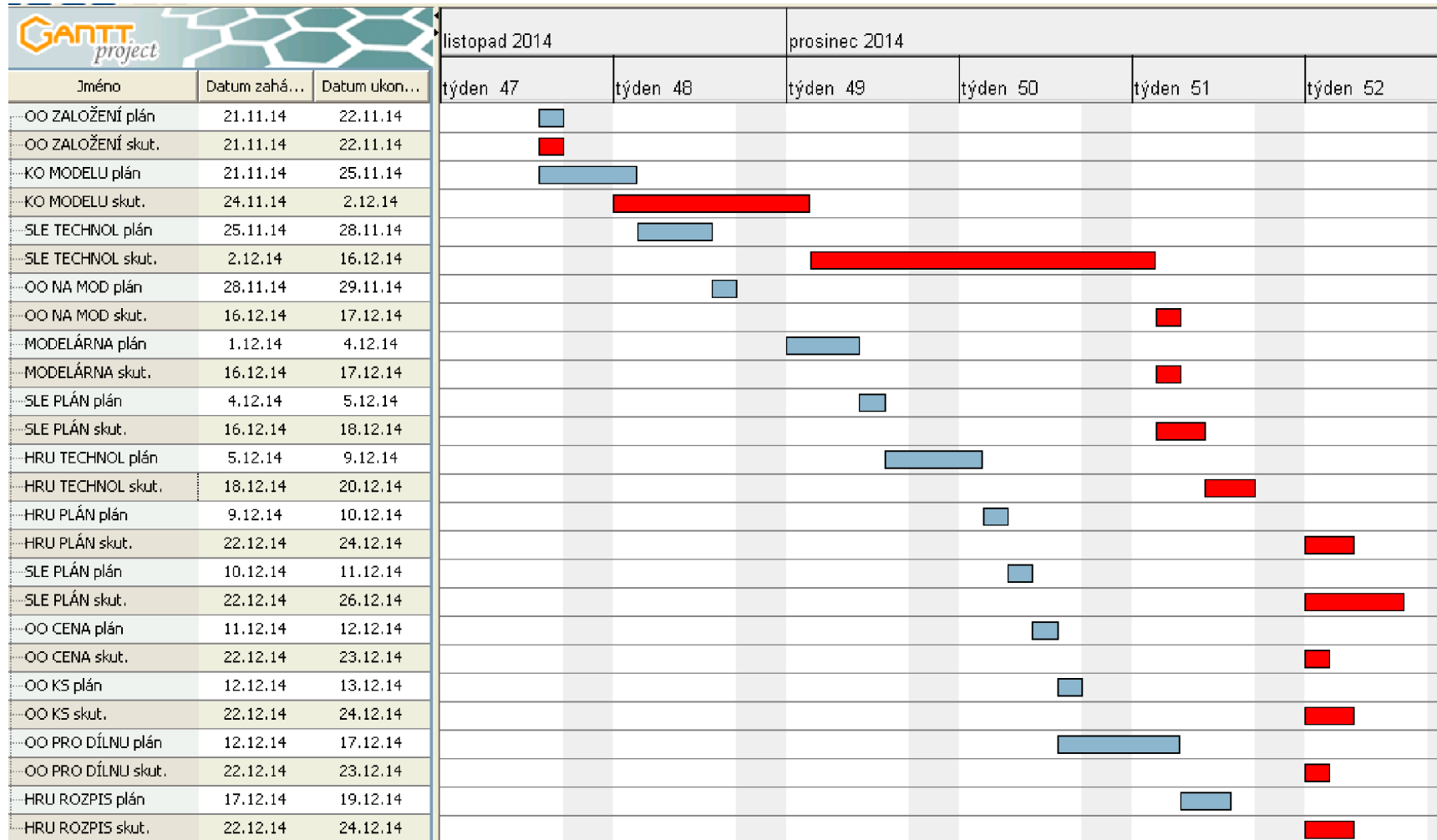
Zpracování objednávky svarku turbínové skříně:

- plán na zpracování objednávky – 21 pracovních dnů
- skutečný čas zpracování objednávky – 26 pracovních dnů

Z Ganttova diagramu obr. 22. vyplývá, že k největšímu zdržení došlo v technologii modelárny a slévárny z důvodu:

- na výrobu odlitku si zákazník poslal vlastní modelové zařízení, na kterém bylo nutné provést technologické úpravy vyplývající ze simulace MAGMASoft. Technologie slévárny a modelárny projednávala tyto problémy se zákazníkem a to způsobilo prodloužení termínů zpracování objednávky.

Obrázek 22 - Zpracování objednávky odličky č. 2



3.5.3.2 Výrobní část odlitku č. 3

Jak již bylo zmíněno, tato zakázka byla svarek ze dvou odlitků – turbínové skříně a ventilu. Jejich odlití bylo naplánováno na stejný den, ale ve skutečnosti byla turbínová skříně odlita o týden později. Konečné svaření bylo v plánu tři měsíce po zahájení, to i datum přejímky se splnilo v naplánovaném termínu

Turbínová skříně i ventil se vyráběly podle požadavků a specifikací daných zákazníkem. Po odlití, vytlučení a vychladnutí odlitků se na pracovišti čistírna začíná s jejich čištěním. Následuje tepelné zpracování a upalování náliťkové a vtokové soustavy, které u tohoto materiálu musí být také za zvýšené teploty. Provádí se další tepelné zpracování pro zajištění mechanických hodnot materiálu. Po úplném vyčištění se odlitky předají na pracoviště obrobna, kde se provede obrobení dle technologického postupu. Následuje příprava povrchu odlitků broušením na kontrolu jakosti (povrchu i vnitřní části), opraví se vady zjištěné těmito zkouškami a provede se další tepelné zpracování, které má zajistit snížení pnutí v odlitcích vzniklých předchozími operacemi. U těchto odlitků se provádí druhé opracování, při kterém se zhotovují hrany, kterými budou odlitky k sobě přivařeny. Tyto hrany musejí být zkontrolovány rentgenovou zkouškou. Po konečné kontrole rozměrů se odlitky k sobě přivaří a znovu musí být oblast přivaření zkontrolována magnetickou, ultrazvukovou i rentgenovou zkouškou. Po přivaření je provedeno poslední tepelné zpracování a jsou odebrány zkušební vzorky k vyhodnocení mechanických vlastností. Svarek je natřen a zástupce pověřený zákazníkem zkontroluje odlitek i celou dokumentaci zpracovávanou v průběhu výroby.

3.5.3.3 Vyhodnocení výroby odlitku č. 3

Z přílohy č. 3 - skutečný průběh výroby odlitku byla vytvořena tabulka 8.

Na vyhodnocení této zakázky budeme uvažovat pouze s termíny turbínové skříně a kompletního svarku. Ventil vyloučíme, protože to byl v porovnání s turbínovou skříní jednoduchý odlitek, který byl rozplánován na stejný čas.

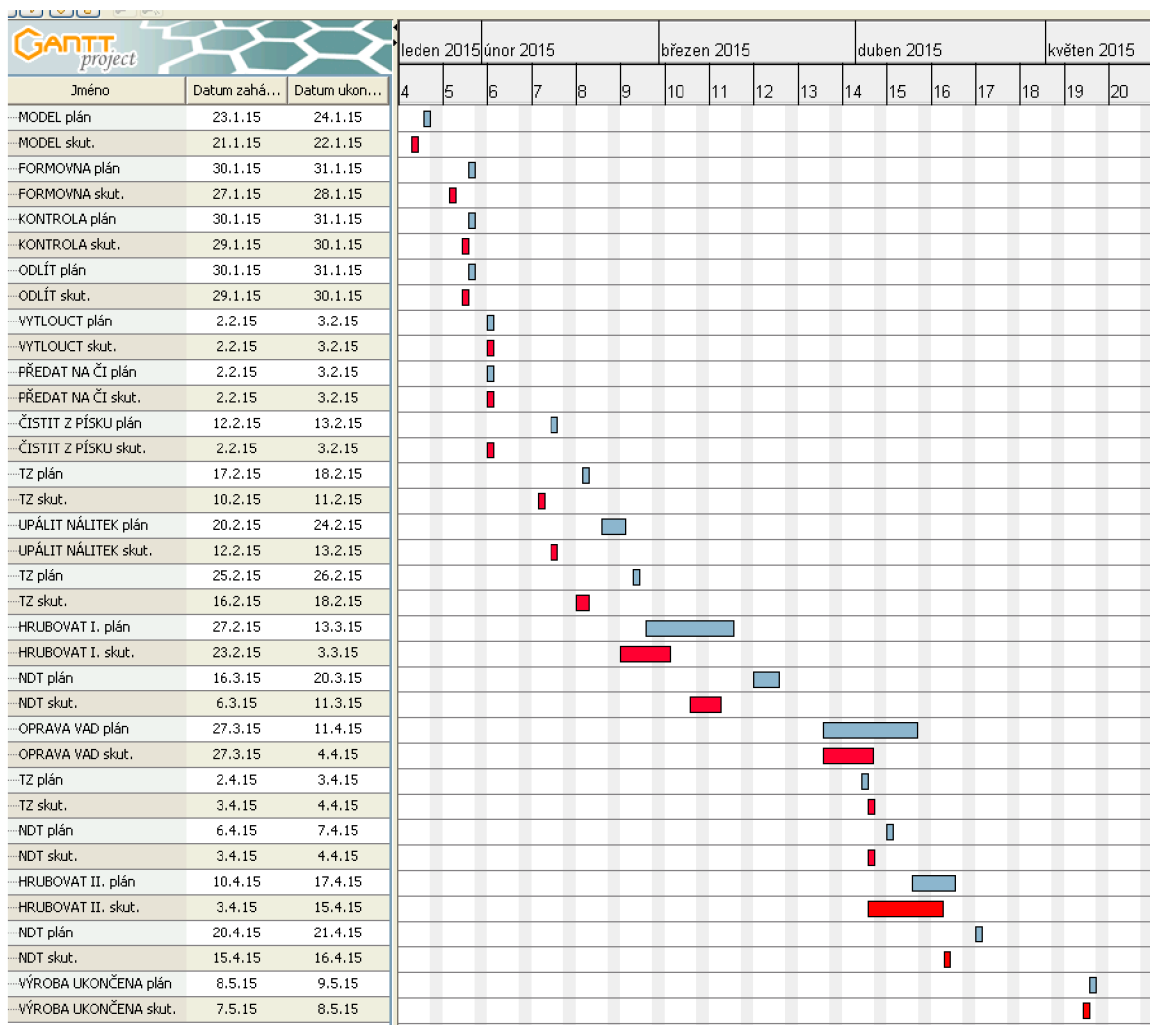
- celkový čas výroby – 2 487 hodin
- čas ztrátový – 697,75 hodin
- čas pro formovnu bez plánovaných ztrát - 189 hodin
- čas pro obrobnu bez plánovaných ztrát 345 hodin
 - 95,5 h čas ztrátový
- čas pro čistírnu bez plánovaných ztrát – 1 353 hodin
 - 602,25 h čas ztrátový čas

Tabulka 8 - Celkový čas práce na odlitku č. 3

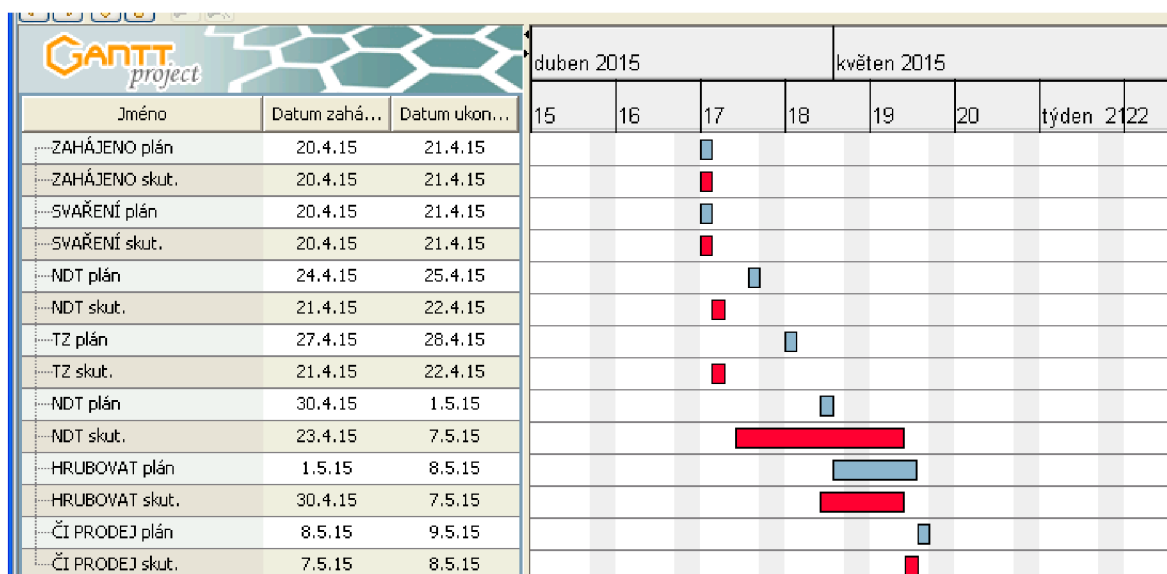
| | Turbínová skříň | | Ventil | | Svarek | |
|---------------------------|-----------------|------|-------------|------|------------|------|
| | [hodiny] | [%] | [hodiny] | [%] | [hodiny] | [%] |
| Skutečný čas práce | 758,5 | 50,1 | 311,25 | 23,7 | 199,5 | 53,6 |
| Technologický čas | 158,5 | 10,5 | 141,5 | 10,8 | 5 | 1,3 |
| Doba manipulace | 34,75 | 2,3 | 22,5 | 1,7 | 9 | 2,4 |
| Doba čekání na jeřáb | 19,5 | 1,3 | 15 | 1,1 | 4,5 | 1,2 |
| Čas ztrátový | 543,75 | 36,4 | 822,25 | 62,4 | 154 | 41,4 |
| Plánované ztráty | 396 | | 550,5 | | 204 | |
| Celkem | 1911 | | 1863 | | 576 | |
| Čas bez plánovaných ztrát | 1515 | 100 | 1312,5 | 100 | 372 | 100 |

Na obr. 23 a obr. 25 je zpracování průběhu výroby turbínové skříňe a svarku v Gantt diagramu, ze kterého je proveden následující rozbor:

- plán na výrobu svarku - 15 pracovních týdnů
- skutečný čas výroby svarku - 15 pracovních týdnů



Obrázek 24 - Gantt diagram odlitku ventilu



Obrázek 25 - Gantt diagram svarku

4 ZHODNOCENÍ VÝSLEKDKŮ

4.1 Zhodnocení předvýrobní fáze

Odlitek č. 1 se již v minulosti vyráběl, proto byla objednávka zpracována dle předchozích zakázek v kratším čase, než byl plán.

U odlitku č. 2 předcházela objednání poptávka, která byla splněna v polovičním čase oproti plánu. Při zpracovávání objednávky vznikly problémy kvůli nekompletní a nejasné výkresové dokumentaci a před zahájením výroby zákazník požadoval výrobní audit, tím došlo k prodloužení objednávkového řízení a zahájení výroby odlitku.

Předvýrobní část odlitku č. 3 byla zpožděna z důvodu nutných úprav na modelovém zařízení zaslaném zákazníkem.

Návrhy na zlepšení předvýrobní fáze:

- při zpracovávání poptávek klást důraz na zajištění kompletní výrobní dokumentace, aby zpracování proběhlo v této fázi výroby co nejpřesněji a byly kvalitní podklady pro možnou následnou objednávku,
- výhledově uvažovat o zpracovávání předvýrobní fáze pouze v elektronické podobě na základě kompletních údajů v systému,
- u opakovaných zakázek se zaměřit na co nejrychlejší zpracování. Obchodní oddělení zanalyzuje předchozí shodnou zakázku a nalezené problémy vyřeší nebo přiřadí na konkrétní oddělení. Případně provede hodnocení, zda je nutno opakovanou zakázku řešit.

4.2 Zhodnocení výrobní fáze

Odlitek č. 1

- splněn v naplánovaném termínu,
- na pracovišti formovna nevznikl významný ztrátový čas
- na pracovišti obrobna vznikl ztrátový čas z důvodu:
 - čekání na uvolnění obráběcího stroje (40,5 h),
 - čekání na kontrolu odlitku (6,5 h),
- na pracovišti čistírna vznikl významný ztrátový čas z důvodu:
 - čekání na tepelné zpracování (47,5 h),
 - čekání na tryskací komoru (36 h),
 - čekání na provedení nedestruktivní zkoušky (10,5 h)
 - čekání na operaci čištění z písku (24 h)
 - čekání v průběhu oprav vad (12,5 h)
 - čekání na apreturu odlitků (10,25 h)

Odlitek č. 2

- opoždění výroby o 2,5 pracovního týdne,
- na pracovišti formovna nevznikl významný ztrátový čas,
- na pracovišti obrobna vznikl ztrátový čas z důvodu:
 - čekání na uvolnění obráběcího stroje (18 h),
 - čekání na kontrolu odlitku po obrobení (10 h)
- na pracovišti čistírna vznikl významný ztrátový čas z důvodu:
 - čekání ve fázi přípravy povrchu na nedestruktivní zkoušky (270,5 h)
 - čekání způsobené opravami odlitku (84 h)
 - čekání na uvolnění tryskací komory (61,5 h)
 - čekání na vyjádření od zákazníka k opravám vad odlitku (45 h)
 - čekání na kompletní vsázku žihací pece (44,5 h)
 - čekání na operaci čištění z písku (39 h)
 - čekání na provedení nedestruktivních zkoušek (36 h)

Odlitek č. 3

Vyhodnocení je opět provedeno na turbínové skříní a svarku, podle kterých je rozvržen časový plán výroby zakázky.

- výroba splněna v naplánovaném termínu,
- na pracovišti formovna nevznikl ztrátový čas,
- na pracovišti obrobna vznikl ztrátový čas z důvodu:
 - čekání na uvolnění obráběcího stroje (89,5 h)
 - čekání na kontrolu odlitku před a po obrobení (5 h)
- na pracovišti čistírna vznikl významný ztrátový čas z důvodu:
 - čekání na uvolnění tryskací komory (14,5 h)
 - čekání způsobené opravami odlitku (264,5 h)
 - čekání na provedení nedestruktivních zkoušek (123,5 h)
 - čekání ve fázi přípravy povrchu na nedestruktivní zkoušky (89,25 h)
 - čekání na operaci čištění z písku (37,5 h)
 - čekání na tepelné zpracování (35,5 h)
 - čekání na apreturu odlitku (33,5 h)
 - čekání na uvolnění tryskací komory (14,5 h)

4.2.1 Rozbor jednotlivých časů

Na základě jednotlivých sledování a rozborů bylo provedeno procentuální vyjádření jednotlivých časů do tabulky 9.

Tabulka 9 - Procentuální vyjádření jednotlivých časů

| | Odlitek č.1 [%] | Odlitek č.2 [%] | Odlitek č. 3 turbínová skříň [%] | Odlitek č. 3 svarek [%] | Celkem [%] |
|------------------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------------------------|-------------------------------|---------------|
| Skutečný čas práce na odlitku | 36,8 | 38,2 | 50,1 | 53,6 | 44,7 |
| Technologický čas | 31,4 | 12,5 | 10,5 | 1,3 | 13,9 |
| Doba manipulace | 1,7 | 2,1 | 2,3 | 2,4 | 2,1 |
| Doba čekání na jeřáb | 1,3 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,3 |
| Čas ztrátový | 28,8 | 34,4 | 36,4 | 41,4 | 35,3 |
| Plánované ztráty z celkového počtu hodin | 53,9 | 34,4 | 20,7 | 34,4 | 35,6 |

Skutečný čas práce na všech sledovaných odlitcích je v průměru 44,7 %.

Technologický čas je dán technologickým postupem a musí se dodržovat pro dosažení optimálního výsledku. Největší hodnota technologického času je na odlitku č. 1 ihned po odlití a to z důvodu pomalého ochlazování velké tloušťky materiálu.

Doba manipulace i *doba čekání na jeřáb* jsou pro tento provoz standardní.

Čas ztrátový je v průměru 35,3 %, nejdelší ztrátový čas vznikl na odlitku č. 3. U těchto složitých odlitků s požadavkem na vysokou kvalitu se ztrátové časy nakumulují, to je způsobeno při přípravě na nedestruktivní zkoušky i během jejich provádění a neustálé kontroly oprav vad. Největší ztrátové časy vznikají při dokončovacích operacích na obrobě, čistírně a kontrole. Pro tato pracoviště je složité provést optimální zaplánování všech operací, průběh výroby je nutno operativně řídit.

Plánované ztráty jsou doby mimo pracovní čas pracovišť. Na odlitku č. 1 činí tato ztráta 53,9 %. Na tento odlitek byla výroba plánována na 7 pracovních týdnů, 2 kalendářní týdny trvala odstávka provozu. Odlitek č. 2 byl v plánu také během odstávky provozu, ale z důvodu delšího výrobního času nejsou plánované ztráty tak vysoké.

4.2.2 Rozbor ztrátových časů

Součet významných ztrátových časů všech tří zakázek vyjadřuje tab. 10. U každé významné ztráty je vypočten procentuální podíl na celkové době výroby. Je navržena předpokládaná úspora ztrátových časů a z toho vypočteno, o kolik by bylo možno zkrátit průběžnou dobu výroby odlitků.

Tabulka 10 - Rozbor ztrátových časů

| Čekání | Ztrátové hodiny [h] | Vyjádření z celkového času [%] | Předpokládaná úspora [%] | Min. zkrácení doby výroby [%] |
|----------------------------------|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| V průběhu oprav | 361 | 8,2 | 30 | 2,7 |
| Příprava povrchu na NDT | 359,75 | 8,2 | 25 | 2,3 |
| Na provedení NDT | 170 | 3,9 | 30 | 1,3 |
| Uvolnění obráběcího stroje | 148 | 3,4 | 30 | 1,1 |
| Na tepelné zpracování | 127,5 | 2,9 | 25 | 0,8 |
| Na uvolnění tryskací komory | 112 | 2,5 | 40 | 1,1 |
| Čištění z písku | 100,5 | 2,3 | 40 | 1 |

Návrhy na eliminaci ztrátových časů:

Čekání v průběhu oprav odlitků - změnit organizaci práce v průběhu oprav, minimalizovat opakované vady vzniklé v důsledku nekvalitní práce.

Ztrátové časy v průběhu přípravy povrchu na nedestruktivní zkoušky - důraz na přesnější plánování a dodržování termínů předání z obrobny.

Čekání na uvolnění pracoviště nedestruktivních zkoušek - zlepšit plánování a zajistit flexibilitu pracoviště nedestruktivní kontroly.

Čekání na uvolnění obráběcího stroje - přesněji plánovat a využívat opracování v kooperaci.

Čekání na tepelné zpracování - zlepšit plánování a snažit se o maximální kumulaci vsázek z podobných materiálů, více spolupracovat s metalurgií.

Čekání na uvolnění stroje - tryskací komory - maximálně využívat všechna dostupná tryskací zařízení čistírny i za cenu zvýšené manipulace.

Čekání na pracovišti čištění z písku – snažit se o koordinaci kapacity pracoviště čištění z písku s pracovištěm vytloukání, zavedení jiného režimu pracovní směny.

Při zavedení zmíněných opatření by došlo ke zkrácení průběžné doby výroby odlitků o 10,3 %, tím k úspoře nákladů a současně k navýšení objemu tržeb.

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo provést rozbor zpracování a realizace zakázek ve slévárně ŽĎAS, a.s., se snahou dosáhnout kratších termínů při zpracování předvýrobní i výrobní fáze, a to i z hlediska jakosti a nákladů.

Rozsah a výsledky práce jsou zpracovány v následujících bodech:

- po představení firmy a základních pojmů spojených s problematikou je uveden popis zpracování zakázek v předvýrobní a výrobní fázi výroby odlitků,
- kvalita odlitků je demonstrována v praktické části hlavně pomocí simulačního programu, jsou porovnány technologie na odlitcích s provedenou simulací a nesimulovaných a jsou uvedeny příklady využívání software ve firmě. U správně nasimulovaných odlitků lze dosáhnout úspory výrobního času a vyšší kvality, a to se odráží v nákladových úsporách ve výrobní části, zejména v oblasti čistírenských operací,
- oblast nákladů je stručně popsána, je provedeno grafické vyhodnocení plánovaných a skutečných nákladů, skladba nákladů dle nákladových středisek slévárny je znázorněna v grafu,
- praktická část obsahuje skutečný průběh zakázky a je zde představen používaný informační systém sloužící k plánování a řízení výroby,
- je proveden rozbor časové náročnosti zpracování tří zakázek v předvýrobní a výrobní fázi,
- hodnocení plnění dodacích termínů zakázek je vyjádřeno s využitím Ganttových diagramů,
- po vyhodnocení předvýrobní fáze jsou doporučeny návrhy na zkrácení zpracování poptávky s cílem zvýšit šanci na získání objednávky,
- zaměřit se na kvalitu v celém procesu výroby odlitku a to:
 - v předvýrobní fázi - správným návrhem technologie,
 - ve výrobní fázi - důsledným dodržováním technologického postupu,
- zlepšit plánování na kritických místech, kde dochází ke kumulaci odlitků – tepelné zpracování, pracoviště tryskání, nedestruktivních zkoušek a pracoviště opracování.

Slévárenská výroba je specifický proces, zvláště u kusové výroby zaměřené na vysoce jakostní odlitky, vyráběné pro energetický průmysl. Je zde kladen důraz na vysokou technologickou a organizační náročnost celého výrobního procesu. Správné řízení a naplánování zvyšuje produktivitu a efektivitu výroby. V každé výrobě vznikají ztráty, které znemožňují dosáhnout maximálního využití strojů, zařízení, materiálu a pracovníků. Některé ztráty nejdou odstranit úplně, ale je snaha o jejich eliminaci. Efektivita výroby je spjata s kvalitou a to úzce souvisí s náklady na výrobu a se ziskem firmy.

Zkracování průběžné doby výroby umožní uspokojovat požadavky zákazníků a zároveň zvyšovat kapacitu slévárny.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. ŽĎAS, a.s.: ŽĎAS, a.s. [online]. [cit. 2015-03-28]. Dostupné z: <http://www.zdas.cz/cs/>
2. KUNC, V., RŮŽIČKA, S. *Den který nikdy nekončí: 60 let ŽĎAS*. Havlíčkův Brod, 2011.
3. RŮŽIČKA, Stanislav. *Cesta k pramenům: ŽĎAS*. Brno: CENTA, 1996.
4. Ošťádal, J., *50 let výroby v divizi Metalurgie ŽĎAS a.s.*, Hutnické listy. Praha: Ocelot, Říjen 2001, s.3-4.
5. NOVÁ, I., KALINA, M., EXNER, J., *Příspěvek k řešení homogenity odlitku* [online]. [cit. 2015-02-26]. Dostupné z: http://www.metal2014.com/files/proceedings/metal_00/papers/406.pdf
6. ŽĎAS. *Příručka kvality: ŽĎAS, a.s.* Žďár nad Sázavou. 2015.
7. HEŘMAN, Jan a Olga HOROVÁ. *Průmyslové technologie pro ekonomy*. Vyd. 1. V Praze: Oeconomica, 2013, 259 s. Vysokoškolská učebnice. ISBN 978-80-245-1907-4.
8. JUROVÁ, Marie a Olga HOROVÁ. *Výrobní procesy řízené logistikou*. 1. vyd. Brno: BizBooks, 2013, 260 s. Vysokoškolská učebnice. ISBN 978-80-265-0059-9.
9. TOMEK, G., Vávrová, V. *Řízení výroby a nákupu*. 1. vyd. Praha: Grada, 2007, 378 s. ISBN 978-80-247-1479-0.
10. KEŘKOVSKÝ, Miloslav. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 2. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2009, 137 s. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7400-119-2.
11. J. HOREJŠ, Bernásek, V. *Technologie slévání*. 2. vyd., upr. Plzeň: Západočeská univerzita, 2000. ISBN 80-708-2640-1.
12. *MM Průmyslové spektrum* [online]. Praha: Vogel Publishing, 1997- [cit. 2015-03-04]. ISSN 1212-2572. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/slevarenske-simulacni-programy.html>
13. BEŇO, Jaroslav a Nikol ŠPIRUTOVÁ. *Počítačová podpora liti a tuhnutí odlitků*. Technická univerzita Ostrava, 2013. Dostupné z: http://www.fmfi.vsb.cz/export/sites/fmfi/modin/cs/studijni-opory/resitelsky-tym-2-metalurgie/pocitacova-podpora-liti-a-tuhnuti-odlitku/Beno_Pocitacova-podpora-liti-a-tuhnuti-odlitku.pdf
14. ELBEL, T.: *Základy slévárenské technologie I*. Učební texty kurzu Slévárenský technolog. Svaz sléváren ČR, Brno, 2007. ISBN 978-80-239-8578-8.
15. *Business encyklopedie: Kvalita (jakost)* [online]. [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/kvalita-jakost>
16. *ISO.CZ: ISO 9001* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: http://www.iso.cz/?page_id=38

17. BRITISH STAINLESS STEEL ASSOCIATION: *Making the Most of Stainless Steel* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=195>
18. SYNEK, Miloslav a Eva KISLINGEROVÁ. *Podniková ekonomika*. 5., přeprac. a dopl. vyd. Praha: C.H. Beck, 2010, xxv, 445 s. Beckovy ekonomické učebnice. ISBN 978-80-7400-336-3.
19. ELBEL, Tomáš. *Diagnostika a řízení kvality odlitků: (studijní opory)* [online]. Ostrava, 2013, s. 177 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: http://katedry.fmmi.vsb.cz/Modin_Animace/Opory/02_Metalurgicke_inzenyrstvi/08_Diagnostika_a_rizeni_kvality_odlitku/Elbel_Diagnostika_a_rizeni_kvality.pdf
20. *MM Průmyslové spektrum: Vyplatí se investovat do simulačních softwarů?* [online]. 2001 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/vyplati-se-investovat-do-simulacnich-softwaru.html>
21. *SystemOnline: Plánovací metody ve slévárenství* [online]. 2004 [cit. 2015-04-27]. ISSN 1802-615X. Dostupné z: <http://www.systemonline.cz/clanky/planovaci-metody-ve-slevarenstvi.htm>
22. KOUTNÝ, Dušan. Plánování a řízení výroby slévárny. *IT Systems* [online]. Brno: CCB s.r.o, 2004, roč. 8 [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: <http://www.systemonline.cz/clanky/planovani-a-rizeni-vyroby-slevarny.htm>
23. *Informační systémy Helios: Katalog řešení*. Dostupné také z: http://www.digres.cz/upload/file/helios_katalog_rezeni.pdf.
24. *RGU OPTI: systém pro plánování a řízení slévárenské výroby* [online]. Brno, 2007 [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: http://www.rgu.cz/download/is_opti.pdf
25. STENDHAL,,. *LimusEXPRES: GanttProject: Software pro řízení projektů* [online]. CCB, spol. s.r.o., 2014 [cit. 2015-05-27]. ISSN 1801-3996. Dostupné z: <http://www.linuxexpres.cz/business/ganttproject-software-pro-rizeni-projektu>
26. *Series of management* [online]. [cit. 2015-04-09]. ISSN 2327-3658. Dostupné z: [https://managementmania.com/cs/ganttuv-diagram#googtrans\(cs|hr\)](https://managementmania.com/cs/ganttuv-diagram#googtrans(cs|hr))
27. *I.T.Soft, s.r.o.* [online]. Žďár nad Sázavou, 2005 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.itesoft.cz/Index.htm>
28. KOŠTURIÁK, Ján. *Kaizen: osvědčená praxe českých a slovenských podniků*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2010, v, 234 s. Business books (Computer Press). ISBN 978-80-251-2349-2.
29. UČEŇ, Pavel. *Zvyšování výkonnosti firmy na bázi potenciálu zlepšení*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 190 s. ISBN 978-80-247-2472-0.
30. RASTOGI, M. *Production and operation management*. Bangalore: University science press, c 2010., v, 168 s. ISBN 978-93-80386-81-2.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

| Zkratka | Popis |
|----------------|--------------------------------------|
| ANDR | brousící zařízení Andromat |
| BR | operace broušení |
| ČI | pracoviště čistírny |
| DR | operace drážkování |
| HR | Hrubování (hrubovna) |
| KO | kontrola |
| KS | Kupní smlouva |
| MECH. ZK. | mechanické hodnoty |
| MOD | modelárna |
| MT | kontrola odlitku magnetickou metodou |
| NDT | nedestruktivní zkoušení materiálu |
| OO | obchodní oddělení |
| RT | kontrola odlitku rentgenovým zářením |
| SLE | slévárna |
| SV | operace svařování |
| TR | operace tryskání |
| TZ | tepelné zpracování |
| UPAL | operace upalování |
| UT | kontrola odlitku ultrazvukem |

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Skutečný průběh odlitku č. 1
- Příloha 2 Skutečný průběh odlitku č. 2
- Příloha 3 Skutečný průběh odlitku č. 3