



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

ŘEŠENÍ TECHNOLOGIE SOUČÁSTI PRO FIRMU ŽĎAS, A. S

DESIGNING A COMPONENT TECHNOLOGY FOR THE ŽĎAS COMPANY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

HANA LOČÁRKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MILAN KALIVODA

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie
Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Hana Ločárková

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

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

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 bakalářské práce:

Řešení technologie součásti pro firmu ŽĎAS, a. s

v anglickém jazyce:

Designing a Component Technology for the ŽĎAS Company

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Úvod.
2. Rozbor vytipované součásti.
3. Stávající technologický proces.
4. Rozbor kritického místa.
5. Formulace nové verze technologického procesu.
6. Technicko-ekonomické posouzení.
7. Diskuze.
8. Závěr.

Cíle bakalářské práce:

Rozbor konkrétního technologického procesu ve velké strojírenské firmě. Návrh na zlepšení v jeho kritickém místě. Doložení základních technicko-ekonomických údajů.

Seznam odborné literatury:

1. HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MM publishing, s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
2. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
3. FREMUNT, Přemysl, Jiří KREJČÍK a Tomáš PODRÁBSKÝ. Nástrojové oceli. 1. vyd. Brno: Dům techniky Brno, 1994. 234 s.
4. Příručka obrábění, kniha pro praktiky. 1. vyd. Praha: Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6
5. ZEMČÍK, Oskar. Nástroje a přípravky pro obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 193 s. ISBN 80-214-2336-6.
6. LEINVEBER, Jan, Jaroslav ŘASA a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Praha: Scientia, s. r. o., 2000. 986 s. ISBN 80-7183-164-6.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 27.11.2013

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá výrobou ozubeného věnce, smontovaného ze dvou půlvěnců. V první kapitole je popsán samotný výrobek ozubeného věnce a firma ŽĐAS, a.s., ve které je vyroben. Dále je uveden postup výroby součásti počínající obdržáním objednávky, přes předvýrobní operace, výrobu modelu, samotné odlití až po předání částečně opracovaného polotovaru k opracování nahotovo, včetně výroby ozubení. Další část se zabývá popsáním kritických míst ve výrobě a návrhem případné nové verze technologického postupu. Poslední část práce je věnována technicko-ekonomickému posouzení navržené výroby. Dívá se na výrobu z hlediska zajištění požadovaných kritérií na kvalitu. Sleduje postup výroby podle naplánovaného harmonogramu a uvádí sled operací, respektive pracovišť, které se na výrobě podílejí.

Klíčová slova

Ozubený věnce, půlvěnc, odlitek věnce, výroba ozubení, výroba odlitku

ABSTRACT

The Bachelor Thesis is focusing on the manufacture of a gear ring assembled from two half-rings. In the first chapter the product itself, the gear ring and the company ZĐAS, a.s. where it is made, are described. This is followed by component production sequence, starting with the receipt of purchase order, the pre-manufacturing operations, making the pattern, casting itself through the rough machined semi-product release to the finish machining workplace incl. making the teeth. In the next section the attention is paid to production-related critical points and the proposal of possible new version of technological process. The last section is devoted to the technological-and-economical assessment of the production proposed. The production is looked on in terms of satisfaction of the desired quality criteria. The production sequence is traced as per the schedule and the sequence of operations and/or workplaces involved in the manufacture is shown.

Keywords

Gear ring, half-ring, ring casting, teeth making, casting production

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

LOČÁRKOVÁ, H. Řešení technologie součásti pro firmu ŽĐAS, a. s. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 35 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Řešení technologie součástí pro firmu ŽĎAS, a.s.** vypracovala samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....
Datum

Hana Ločárková

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto vedoucímu práce Ing. Milanu Kalivodovi z VUT Brno za cenné rady k vypracování bakalářské práce.

Poděkování také patří kolektivu pracovníků Metalurgie a technologie firmy ŽĎAS, a.s., z nichž bych chtěla jmenovat Ing. Jiřího Holoubka, vedoucího technologie slévárny, Ing. Libuši Havelkovou, vedoucí oddělení Metalurgie, pana Miloslava Kotíka, vedoucího oddělení technologie hrubovny a pana Ing. Jiřího Králíčka, vedoucího technologie ozubárny.

Dále bych chtěla poděkovat svoji rodině za podporu při tvorbě bakalářské práce, za umožnění studia a za finanční podporu v průběhu celého studia.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	8
1 ROZBOR VYTIPOVANÉ SOUČÁSTI.....	10
1.1 Popis součásti	10
1.2 Akciová společnost ŽĎAS, a.s.....	10
1.2.1 Modelárna	11
1.2.2 Metalurgie	11
1.2.3 Strojní opracování.....	12
1.2.4 Kontrola jakosti.....	12
1.2.5 Služby	15
2 STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGICKÝ PROCES	16
2.1 Zaslání poptávky a následné objednání.....	16
2.2 Technicko-dodací podmínky pro polovinu ozubeného věnce	16
2.3 Modelárna	18
2.4 Slévárna.....	20
2.5 Hrubovna.....	22
2.6 Strojírenská výroba a ozubárna	24
2.7 Dokončení odlitku	26
3 ROZBOR KRITICKÉHO MÍSTA	26
4 FORMULACE NOVÉ VERZE TECHNOLOGICKÉHO PROCESU	27
5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ POSOUZENÍ.....	27
6 DISKUZE	29
6.1 Požadavky zákazníka	29
6.1.1 Kusová výroba	29
6.1.2 Sériová výroba	30
6.2 Jednotný informační systém.....	30
ZÁVĚR.....	31
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	32
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	33
SEZNAM PŘÍLOH.....	35

ÚVOD

Obchodní oddělení Metalurgie ve strojírenském podniku ŽĎAS, a.s., má ve své kompetenci nabídky výroby volně kovaných výkovků, odlitků, případně modelů a ingotů. Pokud je zákazník spokojen s nabídkou, firma ŽĎAS, a.s. zajišťuje jejich realizaci. Sledování výroby takových děl je velmi zajímavá, protože v mnoha případech začíná pouze obdržet výkres a průvodním e-mailem. Reálný proces přeměny „pouhého“ výkresu ve skutečný díl, ukazuje výrobu se všemi technickými problémy, které na první pohled nemusí být zcela zřejmé, ale jsou součástí zrodu výrobku. I velké množství technologů, specialistů a obecně lidí, kteří se na této přeměně, na mnoha výrobních úsecích a odborných útvarech podílí, ukazuje na celkovou složitost, kterou je nutné výrobku věnovat. Počínaje prací obchodníků v již zmíněném oddělení, přes předvýrobní přípravné operace, sestávající z práce mnoha technologů až po vlastní výrobu a expedici.

Je nutné poznamenat, že samotný výkres v současné době k výrobě odlitků, i jiných výrobků, nestačí. Stále stoupající náročnost a požadavky na vyráběné odlitky nutně vyvolávají potřebu zvláštních technických předpisů, které zákazníci obvykle ke svým požadavkům přikládají. Někdy bývá část těchto podmínek uvedena i na výkrese, ale nemusí to být vždy.

Tato komplexnost, tento uzavřený cyklus, začínající jedním výkresem a končící hotovým dílem nebo i hotovou sestavou, neboť i montáž celků je ve ŽĎAS-e možná, je velmi zajímavá.

Bakalářská práce se zabývá výrobou ozubeného věnce, respektive poloviny věnce. Požadavkem zákazníka je, že konečná součást - ozubený věnec, musí být vyrobena slévárenskou technologií ze dvou polovin z důvodů následné montáže.

Výroba věnce (dvou polovin) začíná po přijetí a zpracování objednávky obvykle na základě předcházející nabídky. V modelárně, kde se na základě slévárenského postupu a postupu technologa modelárny vyrobí modelové zařízení v předepsané jakosti. Zhotovení modelu je velice zajímavá a složitá práce, protože obvykle většina tvarů se vyrábí jako „negativ“ budoucího výrobku a musí být počítáno s takovými vlivy, jako je předpokládaná deformace po odlití a tuhnutí oceli ve formě, smrštění postihující rozměrové změny po zchlazení oceli ve formě, různé technologické úkoly a technologická zaplnění. Je to samostatný výrobní proces, který je však pro výrobu odlitku zcela nezbytný.

Po výstupní rozměrové kontrole z modelárny je model převezen na formovnu, kde dojde dle zvlášť vystavené výrobní návodky k zaformování tohoto modelu, při respektování technologem předepsaných parametrů a následnému odlití. Jedná se o ocel na odlitky, opět primárně určenou výkresem, nebo technickou specifikací. Parametry oceli jsou výrobně řízeny metalurgii z ocelárny.

Odlití je tedy jedna ze základních operací vzniku odlitku. Po době stanovené k chladnutí tekuté oceli, tedy přeměny tekutých fází taveniny na fázi tuhou. Potom obvykle dle stanovených postupů následuje upálení nálitků a vtokové soustavy, případně dalších technologických přísad. Polovina věnce je předána k hrubému dočištění, tepelnému zpracování na mechanické hodnoty a následně pak na hrubovnu k částečnému opracování odlitku, pro provedení nedestruktivních zkoušek.

Před opracováním je vhodné alespoň orientačně znát výsledek mechanických hodnot, aby bylo jednoznačně zřejmé, jaké tepelné zpracování může být aplikováno například po opravách slévárenských vad zavařováním. Při nedestruktivních zkouškách, následujících po hrubování, se zjistí případné vady, dle použité metody zkoušení, které jsou vybroušeny do čistého materiálu a následně po schválení opravy zákazníkem, jsou vady dle předem schváleného postupu opraveny zavařením. Následuje opakovaná kontrola, žihání na snížení pnutí a opakovaná kontrola nedestruktivními metodami. Pokud i po tomto kroku se zjistí další vady, proces se opakuje až do stavu, kdy je dosaženo požadované a ŽĐAS-em potvrzené kvality.

Závěr a úspěšnost této části výroby je podroben kontrole přijímací společnosti nebo i přijímce zákazníka. Po přijímce zákazníkem odlitek přechází do úseku strojírenské výroby ke konečnému opracování dle výkresu, v běžně zaběhlé terminologii „nahotovo“. Dále je u věnce (již předem smontovaného ze dvou polovin) zhotoveno dle výrobního postupu předepsaného technologem ozubení na pracovišti ozubárny. Po zhotovení ozubení následuje magnetická zkouška opracovaných povrchů, závěrečná přijímka a expedice k zákazníkovi.

Dalším bodem jsou kritická místa výroby odlitku věnce a jejich případná řešení. Jedním z kritických míst výroby součásti může být před odlitím výskyt volného písku ve formě. Z důvodu výrobně náročného materiálu se musí použít kromě normalizačního žihání a popouštění ještě žihání na měkko, což může být dalším kritickým místem. Posledním kritickým místem může být výskyt a zjištění indikací slévárenských vad při nedestruktivních zkouškách.

1 ROZBOR VYTIPOVANÉ SOUČÁSTI

1.1 Popis součásti

Odlitek poloviny ozubeného věnce se základními rozměry $\varnothing 3719,65 \times \varnothing 3075 \times 400$ mm. Výkres poloviny ozubeného věnce je v příloze 1. Požadavky na výrobu, které zákazník zaslal, jsou uvedené v příloze 2. Výkresová hmotnost součásti je 2050 kg.

Tento věnec bude použit jako součást pohonu mísiče ve spojení s hnacím pastorkem. Věnec otáčí bubnem, na kterém je namontován. V bubnu dochází k suchému a mokrému mísení různých materiálů. Může se jednat se například o zařízení používané při výrobě cementu, vápna a keramických materiálů apod.

1.2 Akciová společnost ŽĎAS, a.s.

Akciová společnost ŽĎAS se sídlem ve městě Žďár nad Sázavou (viz obr. 1.1), zahájila svoji výrobu před více než 62 lety. V současné době má cca 2500 zaměstnanců a objem výroby za rok 2012 představoval cca 150 milionů EUR.

ŽĎAS patří do skupiny firem Železiarne Podbrezová Group, jejímž lídrem je přední světový výrobce ocelových trubek Železiarne Podbrezová a.s. Podbrezová, Slovenská republika.



Obr. 1.1 Pohled na firmu ŽĎAS, a.s.

Výrobní program firmy ŽĎAS, a.s., je zaměřen na výrobu tvářecích strojů, kovacích lisů, zařízení na zpracování šrotu, zařízení na zpracování válcovaných výrobků, výrobu odlitků, modelů, výkovků, ingotů a nástrojů, především pro automobilový průmysl.

Výroba probíhá ve vlastních výrobních halách s vybavením pro metalurgickou výrobu a se strojním vybavením k provádění těžkého i lehkého obrábění, montáže a testování jednotlivých výrobků. Moderní základna projekce a vývoje společně s mezinárodními certifikacemi jsou zárukou kvality a spolehlivosti.

System kvality a dalších služeb. Moderní základna projekce a vývoje společně se systémovými certifikacemi dle EN ISO 9001:2008, EN ISO 14001:2004 a OHSAS 18001:2007 a dalšími výrobními a procesními certifikáty a kvalifikovaným personálem dle mezinárodně uznávaných standardů jsou zárukou kvality a spolehlivosti výrobků firmy ŽĎAS, a.s. [1].

1.2.1 Modelárna

Provoz modelárny na ŽĎAS-e vyrábí modelová zařízení pro ruční i strojní formování, pro použití od kusové až po sériovou výrobu. Ve třídě provedení modelů dle požadavku zákazníka se používá materiálů, jako jsou: dřevo, polystyrén, umělé hmoty, pryskyřice a kombinace těchto materiálů.

Výroba disponuje kompletním technologickým vybavením umožňujícím zvládnout ve vysoké kvalitě všechny výrobní operace, od přípravy materiálu až po konečnou úpravu modelového zařízení. Má vybavené pracoviště pro přebírání výrobní dokumentace a 3D modelů ve většině strojírenských standardů. Pracoviště je vybaveno konstrukčním programem Unigraphics Autocad, CATIA a CAD/CAM systémem pro zpracování dokumentace s možností obrábění na CNC strojích [2].

1.2.2 Metalurgie

K historické tradici železářství na Vysočině patří výroba zvonů (viz obr. 1.2). Při příležitosti 60. výročí zahájení výroby v provozu Metalurgie ŽĎAS byla odlita zvonkohra s devíti zvony.



Obr. 1.2 Odlitím tradičního zvonu byla zahájena metalurgická výroba v novém podniku ŽĎAS, a.s. v roce 1951.

V létě roku 2002 prasklo srdce největšího českého zvonu Zikmund, umístěného v pražské katedrále svatého Víta. Podle 300 let starého vzoru bylo v moderním provozu kovárny ŽĎAS a pod dozorem renomovaného zvonáře vyrobeno nové srdce, které bylo jako dar vedení akciové společnosti ŽĎAS věnováno Správě Pražského hradu.

V roce 2009 byl ve slévárně Metalurgie ŽĎAS odlit nejtěžší odlitek v historii firmy. Odlitek nosiče nástrojů z oceli určený pro italského zákazníka, který vážil po opracování 45 540 kg.

Výroba metalurgických komponentů a polotovarů patří mezi základní obory akciové společnosti ŽĎAS pro všechna odvětví průmyslu, počínaje energetikou, těžbou surovin, strojírenstvím atd. Představuje především produkci a dodávky vysoce kvalitních odlitků, výkovků, ingotů, slévárenských modelů a řady dalších doprovodných služeb. Při naplňování tohoto cíle je kladen velký důraz na důsledné zpracování poptávek, objednávek a celé technické dokumentace, ze které se pak vychází při vlastní technické přípravě výroby, výrobním a kontrolním postupu. Při neustálém zvyšování kvality a vysoké úrovni výroby je používáno zavedeného integrovaného systému řízení. Dosahovaná úroveň je pak každoročně ověřována obhajobou certifikace, prováděné nezávislou společností TÜV NORD [3].

1.2.3 Strojní opracování

Na pracovišti hrubovny, jenž je součástí metalurgie, se provádí opracování odlitků a výkovků na klasických i numericky řízených obráběcích strojích. Opracování odlitků, případně výkovků s přídavkem (hrubování) se provádí z důvodů usnadnění práce při konečném zpracování, pro umožnění provedení nedestruktivních zkoušek a pro odkrytí případných vad (především v pod nálitkových oblastech), a z důvodů zajištění čistoty a kvality povrchů pro provádění NDT zkoušek.

Hrubovna je vybavena 45 obráběcími stroji (z nichž je vybaveno 17 strojů s NC řízením), které umožňují opracování výkovků a odlitků až do hmotnosti 32 000 kg. Hrubování těžších odlitků, či komplikovaných tvarů, jako jsou například lopatky vodních turbín (Francis, Kaplan), je zajišťováno především v kooperaci s úsekem strojírenské výroby, či nástrojárnou. Ovšem i kooperace s jiným strojírenským podnikem, zejména z kapacitních důvodů, je možná [4].

1.2.4 Kontrola jakosti

Provádí kompletní zjišťování mechanických, chemických a metalografických vlastností vyráběné oceli, obecně pak kovových materiálů a vstupních surovin. Laboratoře jsou součástí akreditovaného systému a členem sdružení EUROLAB-CZ.

Mechanická zkušebna

Mezi zkoušky patří např.:

- zkouška tahem (s možností tepelné zkoušky až do 600 °C),
- zkouška tlakem,
- zkouška ohybem,
- zkouška rázem v ohybu,
- technologické zkoušky,
- zkouška tvrdosti materiálu.

Pro mechanické zkoušky jsou použity trhací stroje (např. ZWICK Z 400E), rázová kladiva (např. PSW 300), tvrdoměry (např. Ickers HPO 250, Rockwell HP 250, Brinell KPE 3000, Amsler Dia Testor 2 Rc-S) a chladicí zařízení.

Chemická laboratoř

Provádí např.:

- rozborů ocelí nízkolegovaných, střednělegovaných a vysokolegovaných,
- rozborů barevných kovů (Cu, Al slitiny),
- rozborů niklových slitin,
- obsahy plynů v oceli (H₂, N₂, O₂),
- měření měrné aktivity,
- rozborů vstupních surovin a strusek.

Používají se optické emisní spektrometry ARL 4460 (viz obr. 1.3), gamaspektrometr (např. EXPLORANIUM GR 320), termoevoluční analyzátor LECO TC 600 (viz obr. 1.4), spektrometr s indukčně vázanou plazmou a atomový absorpční spektrometr.



Obr. 1.3 Emisní spektrometr ARL 4460.



Obr. 1.4 Termoevoluční analyzátor LECO TC 600.

Metalografická laboratoř

Laboratoř zkouší např.:

- mikročistota ocelí,
- mikrostruktura ocelí,
- makrostruktura ocelí,
- velikost zrna,
- hloubky chemicko-tepelně zpracovaných vrstev,
- odolnost proti mezikrystalové korozi,
- tepelné zpracování,
- metalografická šetření vad polotovarů (výkovky a odlitků).

V laboratoři jsou používány mikroskopy, obrazová analýza (např. LECO IA32), digitální dokumentace, mikrotvrdoměr LECO M-400-H1 (viz obr. 1.5) a příprava vzorků [5].



Obr. 1.5 Mikrotvrdoměr LECO M-400-H1.

Nedestruktivní zkoušky

Provoz Metalurgie disponuje zařízením pro provádění ultrazvukových, magnetických a penetračních zkoušek dle norem ČSN, DIN, EN a ASTM a připravuje se pracoviště i pro rentgenovou zkoušku.

Pro provádění ultrazvukových zkoušek jsou používány analogové a digitální přístroje firmy Krautkrämmer a Panametries. Pro snímání vnitřních vad jsou používány přímé, dvojité, úhlové a speciální sondy dle požadavků zákazníků.

Všechny výrobky jsou po třískovém opracování podrobeny rozměrové kontrole. Pro optimalizaci přídavek a finální rozměrovou kontrolu je využíván přístroj od norské firmy METRONOM využívající 3D konstrukční data. Tato metoda měření se používá i pro kontrolu tvarově složitých ploch před obráběním [6].

1.2.5 Služby

Externí montáž

Externí montáže jsou samostatným provozem firmy ŽĎAS, a.s. Provádí a zajišťují demontáže, opravy, montáže, seřízení a uvedení zařízení do provozu. Zařízení jsou montována technikou firmy ŽĎAS, a.s., práce je poskytována v dobré kvalitě a v požadovaných termínech. Odborné a jazykové znalosti pracovníků jsou zárukou dobrého výsledku práce i v zahraničí. Prováděna je také demontáž a přemístění strojírenských zařízení velkých hmotností i ve stísněných podmínkách.

Rekonstrukce a modernizace

Dílní opravy a generální opravy kusových zařízení a výrobních linek jsou většinou vyvolány nákladnou údržbou stávajících zařízení, jejich nízkým výkonem a náročnými požadavky na ekologii provozu. Na základě těchto skutečností je většina oprav směřována do oblastí, které zahrnují:

- konstrukční a dispoziční řešení požadovaných parametrů,
- opravu a výměnu činných mechanických částí,
- výměnu těsnicího materiálu,
- rekonstrukci a modernizaci pohonných jednotek,
- instalaci řídicích a automatizačních prvků.

Vývoj trhu směřuje ke zvyšování kvality výrobku, zúžení výrobních tolerancí a k zavádění nových typů. Současně působí i neustálý ekonomický tlak na snižování jejich ceny. Ke splnění požadavků trhu vede buď cesta nových výrobků, nebo cesta rekonstrukce a modernizace stávajících zařízení. Pro oba směry má ŽĎAS k dispozici týmy odborníků, kteří jsou připraveni splnit potřebné požadavky.

Generální dodávky zařízení

V dlouhodobé tradici firmy ŽĎAS, a.s. jsou dodávky kompletních zařízení takzvaně „na klíč“. To znamená, že vedle konstrukce, projekce, výroby a montáže, zajistí firma ŽĎAS, a.s. jednotlivé dílní součásti, jakými mohou být například hydraulické válce, agregáty nebo ovládací bloky. V konkrétních případech se jedná o vlastní konstrukci a výrobu ve firmě ŽĎAS, a.s., k dispozici jsou projekční pracoviště stejně tak jako moderní výrobní provozy vybavené obráběcími stroji a technologickými pracovišti na úpravu povrchu [7].

2 STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGICKÝ PROCES

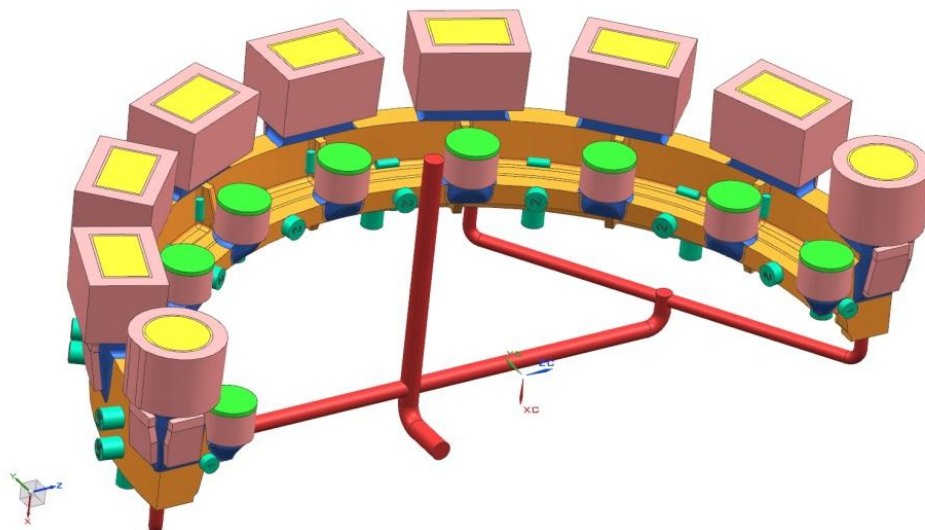
2.1 Zaslání poptávky a následné objednání

Po obdržení poptávky včetně výkresové dokumentace a případně dalších technických specifikací od zákazníka, dojde k jejímu technologickému a komerčnímu zpracování a následnému nabídnutí.

Po dohodnutí se zákazníkem (především) ohledně cen a termínu dodání, ale také technických a obchodních podmínek lze přistoupit k uzavření kontraktu, kterému předchází zákaznickova objednávka. Zákazník zašle objednávku, včetně platné výkresové a technické dokumentace, případně 3D data. Následuje rozepsání této zakázky v interním softwarovém systému (JIS) a předání zakázky k předvýrobním krokům, v prvním kroku předání do slévárenské technologie.

Technologie zpracuje technicko-dodací podmínky, dle požadavku zákazníka s ohledem na nabídku ŽĐAS, a.s., případně s ohledem na jiná platná ujednání, podle kterých bude následně odlitek zhotoven, spočítá hrubou hmotnost odlitku a využití odlitku v rámu.

Do výkresové dokumentace technolog zakreslí slévárenský postup pro výrobu modelového zařízení a také zakreslí přídavky pro budoucí opracování na hrubovně. V případě složitějšího tvaru odlitku, stejně jako v případě jakýchkoliv pochybností lze využít simulace v počítačovém programu Magma (viz obr. 2.1), který má firma ŽĐAS, a.s. k dispozici.



Obr. 2.1 Simulace půlvěnce v počítačovém programu Magma.

2.2 Technicko-dodací podmínky pro polovinu ozubeného věnce

Požadovaný materiál odlitku je v tomto případě GS 34CrNiMo6LV dle normy DIN17205. Odlitek bude odlit vakuovanou tavbou, což má v pravomoci předepsat metalurg, ale není vždy pravidlem, že se používá tavba vakuovaná.

Tepelné zpracování se provádí dle diagramu uvedeným metalurgem tepelného zpracování, obvykle částí zušlechtní na vzduchu v chladniče s nucenou cirkulací vzduchu. Žihání na snížení vnitřního pnutí se provádí po hrubování. V případě opravného svařování, je toto žihání zařazeno až po hrubování a opravách slévárenských vad.

Přesnost odlitku bude provedena dle ČSN EN ISO 8062-3 DCTG 13, což je dáno technologickými možnostmi, pokud není možné vyhovět požadavku zákazníka.

Zákazník požaduje následující zkoušky.

Chemické složení z tavby a mechanické hodnoty dle požadavku zákazníka:

- 1 x $R_m = 750 \div 900$ MPa, $R_{p0,2} \geq 550$ MPa, $A_5 \geq 14$ % při 20 °C,
- 3 x KCU min 35 J.cm⁻² při 20 °C.

Další zkouškou je zkouška tvrdosti dle normy ČSN EN ISO 6892-1. Tato bude provedena v rozsahu:

- 3 x HB = 200 ÷ 240 u každého odlitku.

Tvrdość bude měřena na odlitku v oblasti ozubení ve třech místech na šířku po úsecích 45° po obvodu. Rozdíl tvrdosti obou polovin věnce může být maximálně 15 %. Tvrdość nebude dodržena na opravovaných místech, obvykle v přechodové části opravného svaru.

Následně se provádí vizuální zkouška dle ČSN EN12454, stupeň 2, pro průměrnou aritmetickou úchylku profilu povrchu dle EN 1370 stupeň 5S1.

Elektromagnetická polévací zkouška (MT) podle normy ČSN EN 1369-98 definovaná pro oblasti odlitku:

- v oblasti opracovaných ploch a broušených (případně opracovaných) přechodových rádiusů,
- stupeň jakosti LM2, SM2, AM2 v oblasti ozubení +10 mm pod patu zubů, bez vady typu trhlin,
- stupeň jakosti LM3, SM3, AM3 se provádí na zbývajících zkoušených plochách.

Ultrazvuková zkouška UT podle normy ČSN EN 12680-1:

- v oblasti opracovaných ploch a broušených (případně opracovaných) přechodových rádiusů,
- stupeň jakosti 2 v oblasti ozubení do hloubky +10 mm pod patu zubů a v oblasti připojovacích a spojovacích přírub,
- stupeň jakosti 3 v oblasti zbývajících povrchů s povrchovou jakostí.

Penetrační zkouška (PT) podle normy ČSN EN 1371-1:

- v opravovaných místech svařováním,
- stupeň jakosti SP2, CP2, LP2, AP2.

Rozměrová kontrola odlitku ve stavu dodání.

Přejímka odlitku bude provedena dle ČSN EN 10204-3.1:

- s protokolem chemického složení,
- s protokolem mechanických zkoušek,
- s protokolem zkoušek tvrdosti,
- s protokoly nedestruktivních zkoušek,
- s protokolem vad podléhajících registraci,
- s diagramem skutečného tepelného zpracování,
- s protokolem rozměrové kontroly.

Přejímka bude provedena za účasti zákazníka.

Opravy vad odlitku budou provedeny dle technologického předpisu výrobce a pouze se souhlasem odběratele, dle poznámek na výkrese a u penetrační zkoušky opravovaných míst.

Před opravou bude odběrateli předán náčrt s rozměry a polohou vad, s hloubkou větší než 20 % tloušťky stěny, nebo hloubkou větší než 15 mm.

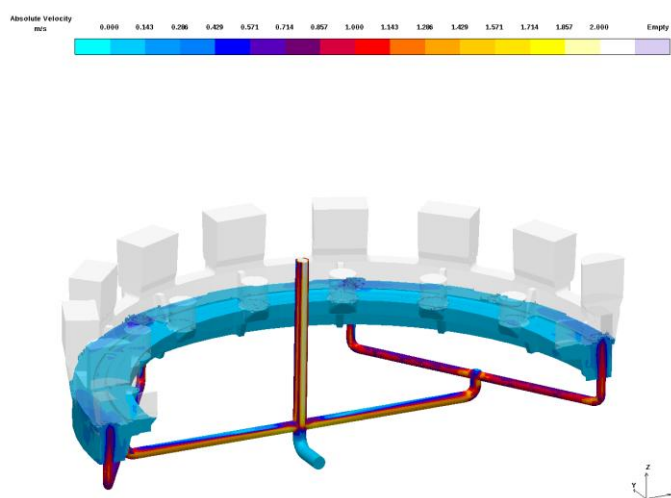
Musí být dodržen požadavek na zakreslení všech vad v oblasti ozubení. Po opravě bude odběrateli předán technologický postup opravy (WPS), způsob kontroly vadných míst před a po opravě, režim tepelného zpracování po opravě, zkouška tvrdosti v místech oprav a údaje o kvalifikaci svářečů dle EN 287.1

Odlitky budou dodány čistě odlité, tepelně zpracované a otryskané. Opracované hotově na rozměry dle výkresu včetně ozubení. Obě dvě poloviny věnce je nutné odlit z jedné tavby. Na odlitku bude předlito číslo modelu, pořadové číslo, rok výroby a znak výrobce. Na odlitku bude také vyraženo číslo tavby. Další provedení dle ČSN EN 1559,1-2.

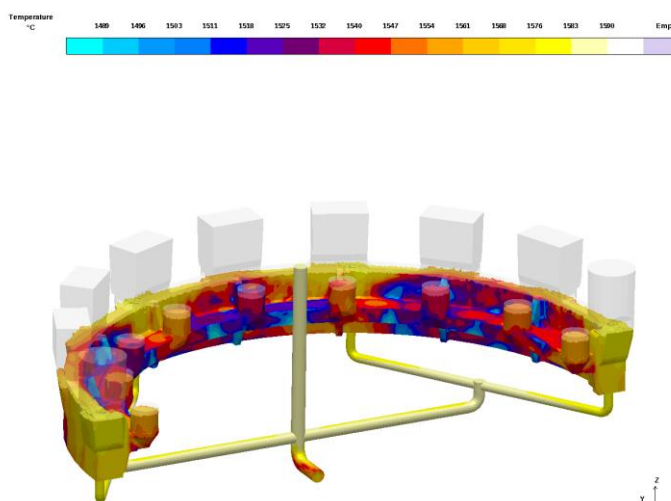
2.3 Modelárna

Po předání výkresu do oddělení modelárny dochází ke zpracování výroby v technologické přípravě a k vyhotovení postupu výroby modelu. V modelárně je vyhotoveno modelové zařízení dle předepsaného technologického výkresu.

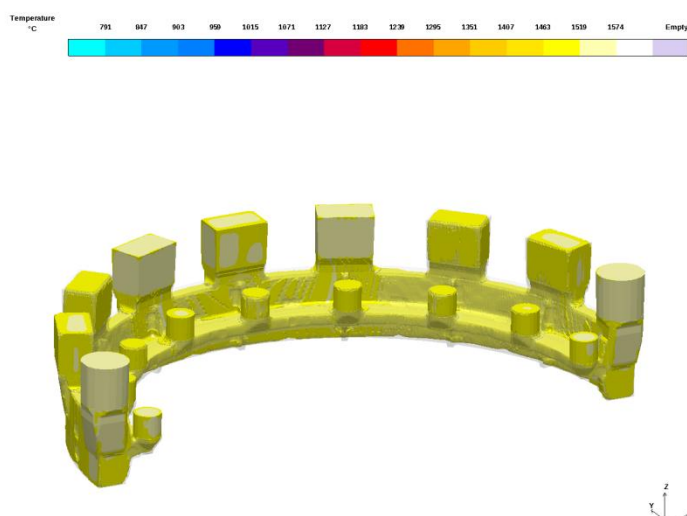
Po výrobě modelového zařízení ze dřeva se zahájí formování. Proces lití (viz obr. 2.2, 2.3) a následného chladnutí (viz obr. 2.4) bývá ve slévárenské technologii simulován v počítačovém programu Magma.



Obr. 2.2 Rychlost lití.



Obr.2.3 Teplota lití.



Obr. 2.4 Teplota tuhnutí.

2.4 Slévárna

Po výrobě modelu a jeho kontrole je zahájena výroba formy formováním modelu budoucího odlitku. Po formování i během procesu formování musí forma projít kontrolami. Nejdříve je provedena endoskopická kontrola formy, kdy je provedena kontrola vtokové soustavy endoskopem za účelem ověření její neporušenosti a čistoty. Důležité je zamezení výskytu volného písku, protože může zůstat rozptýlen v tavenině oceli a následně se pak projevuje jako nežádoucí „vady“ v odlitku. Další zkouškou je provedena rozměrová kontrola formy. Ověří se všechny správnosti dle výkresu. K tomu všemu je technologem vypracován technologický postup, který je k dispozici přímo na daném pracovišti a vše je dozorováno odpovědným pracovníkem.

Tím dochází k závěrečné kontrole, zda formování proběhlo podle dokumentace a zda byly provedeny všechny kontrolní operace. Forma je připravena k lití.

Další operací, je samotné odlévání. Odlévání se provádí při teplotě 1580 °C, čas lití je 1 min 33 sec dle výsledků z výpočtu simulace počítačového programu Magma. Po odlití dochází k chladnutí ve formě a následnému vytloukání odlitku. Věnc je vytlučen z písku na vytloukacím roštu při 350 °C a ihned je předán na tepelné zpracování. Tepelné zpracování se provádí nejdříve žiháním na měkko.

Při žihání na měkko dochází v oceli k přeměně struktury cementitu na strukturu zrnitou. Ocel se stává tvárnou a měkkou, což způsobuje zlepšení obrobitelnosti oceli, vznik mikrostruktury vhodné pro kalení a eliminaci zbytkových napětí, vzniklých při tváření zatepla [8].

Žihání na měkko je prováděno pro zlepšení plastických vlastností materiálu odlitku před vlastním čištěním odlitku.

(Litý stav materiálu GS 34CrNiMo6 se vyznačuje poměrně vysokou pevností R_m , nízkou tažností A5 a vrubovou houževnatostí). Toto žihání spočívá v ohřevu na teplotu (700 ÷ 750) °C. Pomalým ochlazováním v peci rychlostí max. 50 °C za hodinu do 250 °C a následuje chladnutí na vzduchu.

Po žihání na měkko je odlitek vyčištěn z písku a je provedena rozměrová kontrola (viz obr. 2.5). Poté následuje předpřípravné tepelné zpracování, jehož cílem je zjemnění a zlepšení struktury před vlastním pálením nálitků a případné vyrovnání deformací a rozměrových odchylek.



Obr. 2.5 Očištěné půl věnce od písku s nálitky.

Žihání je prováděno při teplotě ($930 \div 960$) °C a výdrží 1 h na 25 mm tloušťky stěny při rychlostí předehřevu / dohřevu 50 °C za hodinu na teplotu 350 °C. Při této teplotě probíhá upalování nálitků a drážkování zbytků. Po upálení nálitků (viz obr. 2.6) je prováděno popouštění v rozmezí teplot ($690 \div 720$) °C s ochlazením v peci.



Obr. 2.6 Půl věnec po odstranění nálitků.

Po tepelném zpracování a následném dočištění (broušení, tryskáním) a interním vyhodnocení mechanických hodnot je předán věnec na hrubovnu, kde bude následně opracován s přídávkem 10 mm pro konečné opracování.

Další operace obrábění jsou uvedené v tabulce 2.1.

Tab. 2.1. Operace hrubovny a následné dokončení.

Hrubování s přídávkem 10 mm na plochu	Svislý soustruh CNC SKJ 50-100
Hrubování dělicí roviny s přídávkem 12 mm na plochu	Vodorovná vyvrtávačka WD 200/6000
Rozměrová kontrola a NDT zkoušky	
Vybroušení vad a jejich opravení zavařením	
Žihání na odstranění vnitřního pnutí a kompletní NDT zkoušky	
Smontování polovin věnce	
Hrubování čel s přídávkem 2 mm na plochu a průměry s přídávkem 3 mm	Svislý soustruh SK 40
Hrubování dělicí roviny, frézování pomocných ploch a vrtání	Vodorovná vyvrtávačka WD 160/4000
Natření molykou	
Změření tvrdosti materiálu se závěrečnou magnetickou zkouškou a expedice	

2.5 Hrubovna

Rozměry věnce na hrubovně jsou:

- hrubá hmotnost půlvěnce: $m = 3\,650\text{ kg}$,
- vnější průměr kotouče: $\varnothing D = 3\,720\text{ mm}$,
- vnitřní průměr kotouče: $\varnothing D_a = 3\,075\text{ mm}$,
- výška kotouče: $H = 400\text{ mm}$.

Odlitek je proměřen - prorýsován. Věnc je zajištěn upínkami a jsou odstraněny zbytky po nálitcích a kapsách. Hrubován s přídatkem 12 mm na plochu bez nepodstatných osazení, bez vrtaných otvorů, které zůstanou zaplněny a bez jejich čel, které budou ponechány se slévárenským přídatkem.

První operací hrubování je opracování na svislém CNC soustruhu typu SKJ 50-100 (viz obr. 2.7). Jeho parametry jsou uvedeny v tabulce 2.2.



Obr. 2.7 Hrubování půl věnce na svislém CNC soustruhu SKJ 50-100.

Tab. 2.2. Technické parametry svislého CNC soustruhu SKJ 50-100.

Maximální soustružený průměr suportem - bočnicku	8000	mm
- příčnicku	8000	mm
Průměr upínací desky	4770	mm
Maximální průměr obrobku	8000	mm
Maximální výška obrobku	3200	mm
Maximální hmotnost obrobku	100	t
Boční suport - svislý pohyb	2600	mm
Support příčnicku – výsuv – levý - vodorovně	3375	mm
Otáčky upínací desky	0,4 ÷ 40	min ⁻¹
Posuv	0,2 ÷ 200	mm.min ⁻¹
Rychloposuv	2 ÷ 2000	mm.min ⁻¹
Výkon elektrického motoru	80	kW

Průměrná aritmetická úchylka profilu nesmí být horší než $Ra\ 12,5\ \mu\text{m}$. Sražení hran $4 \times 45^\circ$. V případě porušení čísel odlitku razit raznicí velikosti 10 číslo modelu, rok výroby a pořadové číslo odlitku. Další operací se musí odlitek odjehlit a prorýsovat.

Druhou operací je opracování věnce vodorovnou vyvrtávačkou WD 200/6000. Technické parametry vodorovné vyvrtávačky jsou uvedeny v tabulce 2.3. Věnc se upne na přerovnané podložky a zajistí se upínkami. Opracování dělicí roviny dle označení na výkrese s přídkem 12 mm na plochu (viz obr. 2.8). Průměrná aritmetická úchylka profilu nesmí být horší než $Ra\ 12,5\ \mu\text{m}$. V případě porušení čísel odlitku razit opět raznicí velikosti 10 číslo modelu, rok výroby a pořadové číslo odlitku.



Obr. 2.8 Opracování dělicí roviny na vodorovné vyvrtávačce WD 200/6000.

Tab. 2.3 Technické parametry vodorovné vyvrtávačky WD 200/6000.

Pracovní vřeteno – průměr	200	mm
- vysunutí	2000	mm
- kuželová dutina	M120	
- posuv	1,6 ÷ 1600	mm.min ⁻¹
- rychloposuv	1600	mm.min ⁻¹
- otáčky	1,5 ÷ 630	ot.min ⁻¹
Pinola – rozměr	520 x 520	mm
- průměr opsané kružnice	660	mm
- předsunutí	1600	mm
- pracovní posuv plynule včetně vřetene	1,6 ÷ 1600	mm.min ⁻¹
Vřeteník – svislé přestavení	3150	mm
- posuv	1,6 ÷ 1600	mm.min ⁻¹
- rychloposuv	1600	mm.min ⁻¹
Stojan – přestavení – podélně „X“	6000	mm
-posuv	1,6 ÷ 1600	mm.min ⁻¹
- rychloposuv	1600	mm.min ⁻¹
Upínací deska (stůl) – šířka	5600	mm
- délka	7600	mm
- maximální hmotnost obrobku	dle jeřábu	kg

Závity – metrické – stoupání	0,5 ÷ 12	mm
- palcové	28 ÷ 1	“
Příslušenství		
- frézovací přístroj IFW3A; IFW2A; IFW1		
- nástavec INW1 - 200/525; INW1 – 200/1145		
- opěra vrtací tyče		

Po opracování se musí opět odjehlit. Poté následuje rozměrová kontrola opracovaných ploch s vystavením rozměrového protokolu. Jedná se o mezioperační rozměrovou kontrolu, aby se zamezilo propuštění neshodného výrobku do dalšího procesu. Opracované věnce jsou předány na NDT zkoušky. Před opravami zavařením, a následným tepelném zpracování je nutné zafixovat průměr, aby nedošlo vlivem vneseného pnutí k deformaci rozměrů (viz obr. 2.9). Po zjištění vad se tyto vady nechají vybrousit a po odsouhlasení zákazníkem se zavaří podle zákazníkem odsouhlasené WPS a WPQR.



Obr. 2.9 Zafixování průměru poloviny ozubeného věnce.

WPQR je kvalifikace navrženého svařovacího postupu, včetně navazujícího tepelného zpracování. Tato kvalifikace slouží jako podklad k doložení vhodnosti navrženého svařovacího procesu, a na základě této kvalifikace je zákazník žádán o povolení k opravě vad podle navržené WPS.

Po opravě zavařením následuje žihání na odstranění vnitřního pnutí a poté kompletní NDT zkoušky. Po úspěšných opakovaných zkouškách je věnec smontován pomocnými šrouby a je předán ke konečnému opracování, včetně výroby ozubení.

2.6 Strojírenská výroba a ozubárna

Po předání věnce na strojírný začne hrubování na svislém soustruhu SK 40, jehož parametry jsou uvedené v tabulce 2.4. Na soustruhu se přepínají čela s přídavkem 2 mm na plochu a průměry s přídavkem 3 mm na plochu. Čelo spolu s průměry se označí ryskou. Poté se hrubuje ozubení s přídavkem 3 mm na plochu. Dále se odstraní ostřiny na výběhové straně, seznačí se a věnec se demontuje.

Tab. 2.4 Technické parametry svislého soustruhu SK 40.

Maximální soustružený průměr suportem - bočnicku - příčnicku	4000	mm
	4200	mm
Průměr upínací desky	3750	mm
Maximální průměr obrobku	-	mm
Maximální výška obrobku	-	mm
Maximální hmotnost obrobku	40	t
Boční suport - svislý pohyb - vodorovný pohyb	2465	mm
	1250	
Suport příčnicku – výsuv – levý – svisle - vodorovně - pravý – svisle - vodorovně	1400	mm
	2490	mm
	1400	mm
	2490	mm
Otáčky upínací desky	0,44 ÷ 22,5	min ⁻¹
Posuv	0,25 ÷ 11,2	mm.min ⁻¹
Rychloposuv	1200	mm.min ⁻¹
Výkon elektrického motoru	60	kW

V dalším kroku na vodorovné vyvrtávače WD 160/4000, jejíž parametry jsou v tabulce 2.5. Na vnějším průměru v místě dělicí roviny se vyfrézují pomocné plochy pro najetí roztečí. Dále bude provedeno vrtání v obou polovinách 6 x ø 45 mm a 2 x ø 44H7 včetně zarovnání průměru ø 75 mm. Tolerance bude ± 0,03 mm.

Tab. 2.5. Technické parametry vodorovné vyvrtávačky WD 160/4000.

Pracovní vřeteno – průměr - vysunutí - kuželová dutina - posuv - rychloposuv - otáčky	160	mm
	1600	mm
	M100	
	1,6 ÷ 1600	mm.min ⁻¹
	1600	mm.min ⁻¹
	2 ÷ 800	min ⁻¹
Pinola – rozměr - průměr opsané kružnice - předsunutí - pracovní posuv plynule včetně vřetene	470x470	mm
	600	mm
	1250	mm
	1,6 ÷ 1600	mm.min ⁻¹
Vřeteník – svislé přestavení - posuv - rychloposuv	2500	mm
	1,6 ÷ 1600	mm.min ⁻¹
	1600	mm.min ⁻¹
Stojan – přestavení – podélně „X“ -posuv - rychloposuv	4000	mm
	1,6 ÷ 1600	mm.min ⁻¹
	1600	mm.min ⁻¹
Upínací deska (stůl) – šířka - délka - maximální hmotnost obrobku	3600	mm
	6300	mm
	dle jeřábu	kg
Závity – metrické – stoupání - palcové	0,5 ÷ 12	mm
	28 ÷ 1	“

Příslušenství

- přenosný otočný stůl E20
- rozměr upínací desky 2000 x 2000 mm
- maximální zatížení stolu 15000 kg
- frézovací přístroj IFW3A; IFW2A; IFW1
- nástavec INW1 - 160/525; INW1 - 160/1145
- vyvrtávací hlava IV 25/160S
- křídlový suport IR 100/160

Další operací se reguluje dělicí plocha, odjehlí se části věnce a dle označení jsou smontovány obě poloviny věnce a v případě nutnosti se musí vystružit otvory o \varnothing 44H7. Místo lícovacích šroubů se používají pomocné duté čepy.

Věncem je namazán molykou, což je směs lithného plastického maziva poloměkké konzistence a kombinace tuhých maziv (MoS_2 , grafit). Používá se k mazání zatížených kluzných i valivých uložení, zejména v případech, kdy se požadují "nouzové vlastnosti" maziva. Mogul Molyka G je určena pro rozmezí teplot od $-30\text{ }^\circ\text{C}$ do $+120\text{ }^\circ\text{C}$ a která dobře odolává vodě [9].

2.7 Dokončení odlitku

V dokončovacím procesu se označí obě poloviny věnce. Následuje změření tvrdosti materiálu na hlavách zubů, která musí být 200-240 HB. Měří se ve třech místech na šířku ozubení po 45° po obvodu věnce. Rozdíl v tvrdosti obou polovin ozubeného věnce musí být maximálně 15 %. Poté se obě poloviny smontují dohromady za použití samostatného spojovacího materiálu. Na hotových zubech se nepřipouštějí trhliny. Opět bude provedena povrchová magnetická zkouška na opracovaných bočních plochách zubů dle EN 1369 stupeň LM2, SM2 a AM2. Vystaví se rozměrový protokol a věncem je připraven k expedici k zákazníkovi.

3 ROZBOR KRITICKÉHO MÍSTA

U této součásti se mohou vyskytnout tato kritická místa:

- **výskyt písku ve formě**

U každé součásti se nacházejí kritická místa výrobního procesu, která jsou daná jejím charakterem, prostorovou složitostí, namáháním, resp. jejím vlastním použitím. V případě věnců jsou to místa, nacházející se v oblasti ozubení, a proto jsou zde jakékoliv vady či masivní opravy s ohledem na vlastní použití a životnost, nežádoucí. Z tohoto důvodu je potřeba zajistit maximální čistotu a kvalitní provedení formy, aby bylo zamezeno výskytu volného písku, který by mohl takovéto nepříznivé indikace vytvářet. Je to ovšem jen jedna část ze složitě svázaných vlivů, které mohou kvalitu předmětné části odlitku ovlivnit.

- **tepelné zpracování**

Dalším krokem je tepelné zpracování, které je v případě tohoto materiálu GS 34CrNiMo6 mírně složitější oproti „běžným materiálům“. U takových se stává tepelný cyklus z normalizačního žihání a popouštění. V případě tohoto materiálu je však nutné provést v prvním kroku žihání na měkko a také nálitky musí být upalovány za tepla v rámci tepelného zpracování. Je to materiál velice náchylný na vznik trhlin. Nicméně je zřejmé, že mechanické vlastnosti jsou zcela zásadní charakteristika pro tyto odlitky.

- **nedestruktivní zkoušky**

Jako další kritické místo se jeví nedestruktivní zkoušky, zejména zkoušky ultrazvukem v oblasti ozubení a to opět za účelem vyvarovat se jakýkoliv potenciálních vad při finálním opracování ozubení. Pokud se vady zjistí, potom je nutné zařadit vhodných technologický postup opravy defektních míst s následným žiháním.

4 FORMULACE NOVÉ VERZE TECHNOLOGICKÉHO PROCESU

Použitý technologický proces se jeví jako optimální. Důležitým faktorem pro posuzování tohoto aspektu je fakt, že se jedná o kusovou výrobu. Zákazník si objednal jeden věnec pro konkrétní dodávku, pro konkrétního odběratele a s velkou pravděpodobností nebude v budoucnu v těchto rozměrech opakován. Ostatně jako většina odlitek firmy ŽĐAS, a.s., které jsou formovány ručně, se jedná o kusovou výrobu. S přihlédnutím k této skutečnosti je těžké sáhnout k nějakým optimalizačním krokům.

5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ POSOUZENÍ

V této kapitole bude posouzen termínový aspekt výroby, který je zvláště v tomto období tvrdého konkurenčního boje firem velice důležitý. Jedná se o výrobu pro zákazníka, který je řazen mezi nejlepší odběratele.

- **průběh výroby hrubovaného odlitku**

Výroba modelového zařízení byla plánována od 24.01.2014 do 28.02.2014 a ve skutečnosti byla dokončena 27.02.2014.

Další průběh výroby je znázorněn v grafickém provedení ukazující hlavní operace v kalendářních týdnech v příloze 3.

- **časové rozplánování operací na hrubovně**

Celkový strojní a přípravný čas na hrubovně je uveden v tabulce 5.1.

Tab. 5.1 Strojní a přípravné časy.

Stroj	Strojní čas Ta12	Přípravný čas Ta11
	[min]	[min]
Svislý soustruh CNC SKJ 50-100	3 091	74
Vodorovná vyvrtávačka WD 200/6000	292	92

V příloze 4 a 5 pak lze vidět normované časy pro jednotlivé operace. Poznámka: Jedná se pouze o průběh výroby opracovaného odlitku. Výroba tohoto odlitku doposud probíhá dle předepsaného zaplánování.

S ohledem na to, že se jedná o aktuální zakázku, a odlitek se v této chvíli nachází teprve ve fázi oprav vad po hrubování, nebude možné, s ohledem na termín ukončení bakalářské práce dotáhnout termínové sledování zakázky až do samotného konce.

Z obchodního hlediska se jedná o zakázku pro významného odběratele, který zde objednává opakovaně. Tato skutečnost, opakované a dlouhodobé spolupráce, ukazuje na velmi dobré hodnocení ŽĐAS-u a jeho silnou pozici na trhu. To je nesmírně důležité s ohledem na trh. Stává se globální a konkurenčními firmami nejsou již jen evropské firmy, nýbrž firmy z celého světa především pak firmy asijské, zejména z Číny a Indie.

Aktuálním příkladem snahy o další zkracování průběžného času výroby je zavádění nových řezných nástrojů pro hrubování. Konkrétně fréz pro čelní frézování CoroMill 200 od firmy Sandvik (viz obr. 5.1). Je to příklad nejen zkracování doby výroby díky vyšší produktivitě těchto nástrojů, ale i příklad snižování nákladů na výrobu, neboť při případném poškození nástroje bývá poškozena podložka pro ochranu těla nástroje, která je snadno vyměnitelná. Nástroj jako takový zůstává nepoškozen.



Obr. 5.1 Fréza pro čelní frézování CoroMill 200 od firmy Sandvik [10].

Jedná se o stabilní univerzální hrubovací nástroj pro všeobecné frézování. Pevné břity poskytují této fríze odolnost potřebnou pro náročné podmínky s přerušovaným řezem. Hlavní výhodou je bezpečnost a spolehlivost obráběcího procesu a vysoká rychlost úběru kovu. Slouží pro hrubovací tvarové frézování, pro hrubování čelního frézování. Rozsah průměru 25 ÷ 160 mm. Velikost břitových destiček 10 ÷ 20 mm [10].

6 DISKUZE

Bakalářská práce je věnována řešení technologie součásti pro firmu ŽĎAS, a.s. Výroba ozubeného věnce, resp. dvou půlvěnců je zde sledována od předvýrobních kroků až ke konečnému opracování. Výroba je sledována ve třech základních aspektech:

- sleduje navržení vlastního technologického řešení, tak aby bylo dosaženo všech požadovaných kvalitativních požadavků,
- sleduje časový harmonogram prací, což je v tomto případě období asi 6 měsíců a zároveň ho ukazuje v porovnání s plánem,
- v neposlední řadě pak zde lze vyčíst množství úseků, které se na výrobě podílí.

Ukazuje konkrétní příklad z praxe, jeho řešení ke spokojenosti zákazníka, neboť to je v dané chvíli asi nejdůležitější věc. To je to co umožňuje zákazníkovi prodat jeho výrobek a získat další zakázky, se kterými se pak může s důvěrou opět obrátit na firmu ŽĎAS, a.s. ŽĎAS-u to pak dává zpětnou vazbu o jeho konkurenceschopnosti, přináší zkušenosti s daným typem odlitku, či materiálu a také určité reference pro dané odvětví.

Dosažené výsledky u této zakázky ukazují, že zvolená technologie, podpořená nasimulováním tohoto případu ještě před vlastní výrobou, byla správná a bylo dosaženo všech kvalitativních požadavků. To se pak pozitivně promítá i do termínového hlediska výroby. Nevznikají zde žádné požadavky na vícepráce či opravy, které by termín dodání prodlužovaly. Výroba v podstatě kopíruje plánovaný harmonogram (nebo je spíše v mírném předstihu), který je dán vlastními technologickými časy operací a kapacitními možnostmi jednotlivých pracovišť. Ovšem také požadavkem zákazníka na termín dodání.

6.1 Požadavky zákazníka

6.1.1 Kusová výroba

Dle požadavků zákazníka se vyrábí ozubený věnec, respektive polovina ozubeného věnce z jedné tavby. Bylo požadováno, aby věnec byl odlit dle výkresu s požadovanými mechanickými hodnotami. Dalším požadavkem bylo uvedeno hrubování tohoto odlitku s přírůstkem 10 mm na plochu. Na odlitku jsou požadovány nedestruktivní zkoušky, hlavně v kritických místech. Na počtu vad se projevuje čistota formy a správné založení jader, který je jeden z vlivů na následné opravy. Po kontrole a následných opravách vad zavařením, bude věnec předán ke smontování a opracování. Po konečném opracování bude následovat opracování ozubení.

Ozubení je provedeno:

- na svislém soustruhu SK 40,
- na vodorovné vyvrtávačce WD 160/4000.

Tato výroba je levnější, ale časově náročnější.

6.1.2 Sériová výroba

V případě že by se jednalo o sériovou výrobu, to znamená cca 50 ks, byla by možnost oslovení firmy IMTOS, která by dle dodaného výkresu, navrhla obráběcí centrum pro výrobu těchto věnců.

První počáteční náklady by byly sice větší, ale z ekonomického hlediska by výroba proběhla v kratším časovém horizontu.

6.2 Jednotný informační systém

Nespornou výhodou při řešení celé zakázky je používání softwarového nástroje „JIS“, který byl vyvinut přímo na objednávku a ve spolupráci s firmou ŽĎAS, a.s., a je přizpůsoben požadavkům metalurgické výroby. Jak z názvu vyplývá je to „jednotný informační systém“ a lze v něm tak snadno nalézt všechny potřebné údaje pro řízení, sledování i podporu celého obchodního případu.

Zpracování obchodního případu v JIS začíná ihned po přijetí objednávky, kdy je zde zaregistrována referentem obchodu. Následující úseky pak doplňují informace týkající se výroby, plánování, hrubování a expedici. Vše na bázi jmenného přístupového práva a osobního hesla do tohoto systému. Samozřejmostí je, že i při přístupovém právu jsou pracovníkům zviditelněny pouze moduly týkající se oprávnění těchto osob. Některé moduly tedy zůstávají skryty, jiné jsou pouze ke čtení, a jen v některých lze měnit údaje, podle oprávnění dané osoby.

Kromě řízení a sledování výroby je nezanedbatelnou výhodou tohoto systému, že slouží jako databáze a archivace obrovského množství dat, resp. know how, ke kterým se lze později vracet. Veškerá zarchivovaná data jsou neocenitelná například v případě, že se u výrobku vyskytne v průběhu výroby neshoda, nebo reklamáce. Nashromážděná data umožní následnou analýzu příčin neshody, a navržení nápravných opatření, která se implementují pro další výrobu. Tedy, opět nástroj ke zproduktivnění, zrychlení a zkvalitnění výroby.

ZÁVĚR

Výroba věnce, respektive polovin, začíná po obdržení a zpracování objednávky dle požadavků zákazníka. Na základě slévárenského postupu se vyrobí modelové zařízení předepsané jakosti.

Po výstupní rozměrové kontroly z modelárny je model převezen na formovnu, kde dochází k odlití dle předepsaných parametrů. Simulace samotného odlití se provádí v počítačovém programu Magma, kde je celý průběh simulace kontrolován a následné chyby opraveny.

Po odlití a zchladnutí oceli dochází k upálení nálitků, vtokové soustavy a dalších technologických přídavek. Dále je věnec očištěn z písku a předán na nedestruktivní zkoušky, kde se zjistí případné vady dle použité metody. Zjištěné vady jsou vybroušeny a po schválení zákazníkem zavařeny.

Po dosažení požadované kvality ŽĎAS-em je věnec předán na hrubovnu, kde na svislém soustruhu CNC SKJ 50-100 a vodorovné vyvrtávače WD 200/6000 dochází k hrubování přesnějších rozměrů. Po opracování se věnec odjehlí a následuje rozměrová kontrola opracovaných ploch s vystavením rozměrového protokolu. Opracovaný věnec je předán na NDT zkoušky a po opravě následuje žihání na odstranění vnitřního pnutí a opakované NDT zkoušky. Po zkouškách je věnec smontován pomocnými šrouby a předán na strojírenskou výrobu.

Na strojárnách začíná konečné opracování, včetně ozubení na svislém soustruhu SK 40 a vodorovné vyvrtávače WD 160/4000. Po opracování se reguluje dělicí plocha, odjehlí se části věnce a dle označení jsou dvě poloviny věnce smontovány. Následuje zkouška tvrdosti materiálu na hlavách zubů, které musí být 200-240 HB. Na hotových zubech se nepřipouští trhliny. Opět bude provedena magnetická zkouška na opracovaných bočních plochách zubů. Vystaví se rozměrový protokol a věnec je připraven k expedici.

Dále jsou popsány kritická místa věnce. Jedním z kritických míst je tepelné zpracování, kdy musí být použito, kromě normalizačního žihání a popouštění i žihání na měkko. Je to z důvodu složitosti materiálu GS 34CrNiMo6. Dalším kritickým místem může být výskyt volného písku ve formě a nedestruktivní zkoušky. Musí být brán ohled na oblast ozubení, zejména u zkoušky ultrazvukem.

Na základě toho, že se jedná o kusovou výrobu, je tento technologický proces navržen dle předepsaných postupů. Každý odlitek odléván v této firmě je svým způsobem zajímavý a specifický. Je velmi zajímavé sledovat, jak vznikne z pouhé výkresové dokumentace hotový a někdy i velmi náročný (ať již z hlediska tvaru, či materiálu) odlitek.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. ŽĎAS, a.s. *ŽĎAS, a.s.* [online]. 2014 [vid. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.zdas.cz/cs/index.aspx>
2. Modelárna. *ŽĎAS, a.s.* [online]. 2014 [vid. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.zdas.cz/cs/content.aspx?catid=102>
3. Metalurgie. *ŽĎAS, a.s.* [online]. 2014 [vid. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.zdas.cz/cs/content.aspx?catid=6>
4. Hrubování odlitků. *ŽĎAS, a.s.* [online]. 2014 [vid. 2014-05-18]. Dostupné z: www.zdas.cz/cs/content.aspx?catid=104
5. Laboratoře. *ŽĎAS, a.s.* [online]. 2014 [vid. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.zdas.cz/cs/content.aspx?catid=105>
6. Kontrola jakosti. *ŽĎAS, a.s.* [online]. 2014 [vid. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.zdas.cz/cs/content.aspx?catid=106>
7. Služby. *ŽĎAS, a.s.* [online]. 2014 [vid. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.zdas.cz/cs/content.aspx?catid=11>
8. Příručka obrábění: Kniha pro praktiky. 1. vyd. Praha: Sandvik CZ, s.r.o. a Scientia, s.r.o., 1997, 857 s. ISBN 91-97 22 99-4-6.
9. MOGUL MOLYKA G. *PER-Oil: Značkové oleje* [online]. 2014 [vid. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.znackoveoleje.cz/>
10. Products. *Sandvik Coromant* [online]. 2014 [vid. 2014-05-24]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/coromill_200/pages/default.aspx

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
CAD	[-]	Computer Aided Design
CAM	[-]	Computer Aided Manufacturing
CNC	[-]	Computer Numerical Control
HB	[-]	tvrdost dle Brinella
JIS	[-]	jednotný informační systém
KCU	[J]	vrubová houževnatost
MT	[-]	elektromagnetická polévací zkouška
NDT	[-]	nedestruktivní zkoušky
PT	[-]	penetrační zkouška
UT	[-]	ultrazvuková zkouška
VBD	[-]	vyměnitelná břitová destička
WPQR	[-]	Welding Procedure Qualification Report
WPS	[-]	Welding Procedure Specifikation

Symboly	Jednotka	Popis
A5	[%]	tažnost
D	[mm]	průměr
$\varnothing D$	[mm]	vnější průměr
$\varnothing Da$	[mm]	vnitřní průměr
Dk	[mm]	průměr konečný
Dv	[mm]	průměr výchozí
H	[mm]	výška
K	[-]	koeficient, určuje snížení rychlosti z důvodu výskytu kůry (písek, okuje).
L	[mm]	délka
P	[-]	koeficient, určuje snížení rychlosti z důvodu výskytu přerušovaného řezu
R	[mm]	rádius
Ra	[μ m]	průměrná aritmetická úchylka profilu
Rm	[MPa]	mez pevnosti
Rp0,2	[MPa]	mez kluzu
SP	[-]	velikost VBD
Ta 11	[mm]	přípravný čas
Ta 12	[mm]	čistý strojní čas
Tb	[mm]	dávkový čas
Tk	[mm]	čas kusový
Tp	[mm]	přípravný čas
Tr	[-]	třída

Symboly	Jednotka	Popis
ht tris	[mm]	hloubka odebírané třísky
m	[kg]	hmotnost odlitku
n	[mm ⁻¹]	otáčky frézy
s	[mm]	posuv na otáčku
s_min	[mm]	posuv frézy
v	[m.min ⁻¹]	řezná rychlost

SEZNAM PŘÍLOH

- | | |
|-----------|--|
| Příloha 1 | Výkres poloviny ozubeného věnce |
| Příloha 2 | Požadavky na výrobu |
| Příloha 3 | Průběh výroby |
| Příloha 4 | Postup výroby na svislém soustruhu CNC SKJ 50-100 1. část |
| Příloha 5 | Postup výroby na svislém soustruhu CNC SKJ 50-100 2. část |
| Příloha 6 | Postup výroby na vodorovné vyvrtávačce WD 200/6000 1. část |
| Příloha 7 | Postup výroby na vodorovné vyvrtávačce WD 200/6000 2. část |

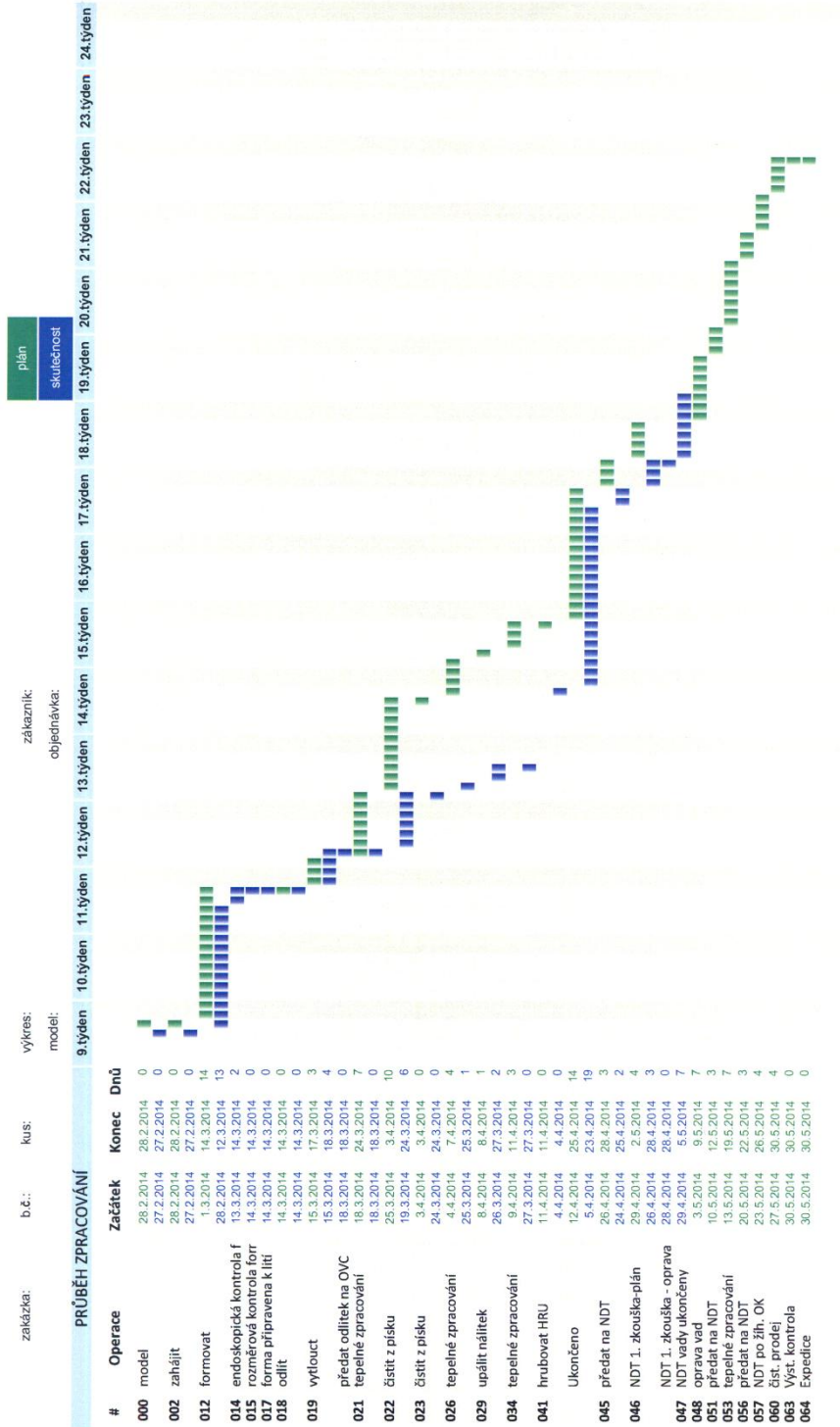
PŘÍLOHA 2

Požadavky na výrobu

1. Atest: chemické složení, tah, kluz, vrub, houževnatost, tažnost, tvrdost, inspekční certifikát dle EN 10204-3.1 Atest tepelného zpracování (protokol o žitání)-
2. Přesnost netolerovaných rozměrů:
 - přesnost odlitku dle ISO 8062, CT. 13. (ČSN)014470.5),
 - přesnost opracovaného odlitku dle ISO 2768, ST. mK.
3. Drsnost povrchu odlitku dle EN 1370, stupeň 5S1.
4. Vizualní povrchová kontrola odlitku dle EN 12454 pomocí fotografií etalonů SCRATA 1987 ASTM A 802, stupeň 2, bubliny stupeň C3.
5. Ultrazvuková zkouška vyhrubovaného odlitku v místě ozubení, připojovací a spojovací příruby dle EN 12 680-1, stupeň 2. Zbývající zkoušené oblasti stupeň 3, drsnost kontrolované plochy Ra = 6,3 μm.
6. Povrchová zkouška magnetická odlitku v místě ozubení dle EN 1369, stupeň SM2, LM2 a AM2.
7. Povrchová zkouška magnetická na ostatních místech dle EN 1369, stupeň SM3, LM3 a AM3.
8. Opravu smí vykovávat svářeč způsobilý dle EN 287-1. Opravy v místě ozubení po dohodě s konstrukcí PSP/ENG. Zjištěné opravitelné vady zaznačit do listů vad. Po zavaření provést tepelné zpracování, tvrdost přechodové oblasti smí být max. ± 30 HB. Povrchová zkouška kapilární přechodové oblasti po opravách zavařením dle EN 1371-1, SP2, CP2, LP2 a AP2.
9. O všech zkouškách vystavit protokol, inspekční certifikát dle EN 10204-31.
10. Technické dodací podmínky odlitku dle EN 1559-1A-2.
11. Uvedené rozměry na výkrese jsou pro hotový výrobek po opracování na čisto.
12. Tvrdost materiálu 200 až 240 HB měřena na hlavách zubů. Měřeno ve třech místech na šířku ozubení po 45° po obvodu. Rozdíl tvrdosti obou polovin ozubeného věnce max. 15 %.
13. Obě poloviny ozubeného věnce seznačit.
14. Zubová mezera musí být ve středu obou polovin věnce.
15. Hlavy zubů zaoblit R = 3 mm. Boční hrany srazit 2 x 45°.
16. Obě poloviny svrtat společně. Pro výrobu použít samostatný spojovací materiál.
17. Lícované otvory ø 44H vrtat a stružit diagonálně společně v obou polovinách věnce.
18. Vystavit rozměrový protokol ozubeného věnce.
19. Na hotových zubech se trhliny nepřipouští. Povrchová zkouška magnetická na opracovaných bočních plochách zubů dle EN 1369, stupeň SM2, LM2 a AM2.

PŘÍLOHA 3

Průběh výroby



PŘÍLOHA 4

Postup výroby na svislém soustruhu CNC SKJ 50-100 1. část

Počet	Úkon	Doplňující text úkonu	Čas		
			Ta 11	Ta12	Tb
1x	Upnout do čelistí upínací desky s podpěrami - plocha neopracovaná	středění od oka; jeřáb = 5 min	58		
1x	Upnout do čelistí upínací desky s podpěrami - plocha opracovaná	středění indikátorem; jeřáb = 5 min	24		70
1x	Vyrovnání indikátorem	přesnost 0,1	19		
12x	Další upínka		21,6		
1x	Hrubování čel na povrchu a v otvoru smykadlem; Dk = 3231; Dv = 2970; přídavek = 40; vyložení VBD = 250; Obr. 13b; Opracování 12,5; IT 10-14; Nastavení - PŘÍČNÍK/SUPPORT ≤ 2000 / < 1700	počet otočení VBD = 5,2 x v normě			
	Hrubování třísek = 4; K = 4; P = 4	nedostatečné upnutí			
	Vyložení smykadla do 800 mm, hl. třísky 10,00	K + P v = 50; s = 0,47	11,9	243	
	DOKONČOVACÍ; Vyložení smykadla do 800 mm	P v = 64; s = 0,64	4,2	66,1	
1x	Hrubování čel na povrchu a v otvoru smykadlem; Dk = 3231; Dv = 3050; přídavek = 8; vyložení VBD = 250; Obr. 13b; Opracování 12,5; IT 10-14; Nastavení - PŘÍČNÍK/SUPPORT ≤ 2000 / < 1700	počet otočení VBD = 1,5 x v normě			
	Hrubování třísek = 2; K = 2; P = 2	nedostatečné upnutí			
	Vyložení smykadla do 800 mm, hl. třísky 4,00	K + P v = 50; s = 0,91	9,7	44,1	
	DOKONČOVACÍ; Vyložení smykadla do 800 mm	P v = 64; s = 0,64	4,2	46,5	
1x	Hrubování otvorů, Dk = 3051; Dv = 2970; L = 90, vyložení VBD = 250; Obrábění 13b; Opracování 12,5; IT 10-14	počet otočení VBD = 3,2 x v normě			
	Nastavení - PŘÍČNÍK/SUPPORT ≤ 2000 / < 1700; hrubování třísek = 4; K = 4; P = 4	nedostatečné upnutí			
	Vyložení smykadla do 800 mm; třísek 4; hl. třísky 10,50	K + P v = 50; s = 0,47	11,9	159,3	
	DOKONČOVACÍ; Vyložení smykadla do 800 mm	P v = 64; s = 0,64	4,6	33,7	
2x	Dokončování otvorů; Dk = 3231; L = 30; vylož = 250; Obr. 13b; Opracování 12,5; IT 10-14; Nastavení - PŘÍČNÍK/SUPPORT ≤ 2000 / < 1700	počet otočení VBD = 0,4 x v normě; koeficient obtížnosti pro čas Ta12 = 1,46; pro čas Ta11 = 1,1			
	Vyložení smykadla do 800 mm	P v = 64; s = 0,64	17	25,4	

PŘÍLOHA 5

Postup výroby na svislém soustruhu CNC SKJ 50-100 2. část

1x	Hrubování povrchu; Dk = 3744; Dv = 3825; délka = 440; Obr. 13b; Opracování 12,5; IT 10-14				
	Nastavení - PŘÍČNÍK/SUPPORT ≤ 2000 / < 1700 ; hrub. Třísek = 4; K = 4; P = 4	počet otočení VBD = 19,1 x v normě; obtížnost: nedostatečné upnutí; koeficient pro čas Ta11 = 1,1			
	Vyložení smýkadla do 800 mm; třísek 4; hl. třísky 9,75	K + P v = 50; s = 0,47	11,9	948,2	
	DOKONČOVACÍ; Vyložení smýkadla do 800 mm; hl. třísky 3	P v = 64; s = 0,64	4,6	197	
1x	Úpravy - Hrany		15		
1x	Hrubování čel na povrchu a v otvoru smýkadlem; Dk = 3750; Dv = 3390; přídavek = 14; vyložení VBD = 150; Obr. 13b; Opracování 12,5; IT 10-14; Nastavení - PŘÍČNÍK/SUPPORT ≤ 2000 / < 1700	počet otočení VBD = 5 x v normě			
	Hrubování třísek = 2; K = 2; P = 2	nedostatečné upnutí			
	Vyložení smýkadla do 800 mm; hl. třísky 7,00	K + P v = 50; s = 0,47	9,7	193,8	
	DOKONČOVACÍ; Vyložení smýkadla do 800 mm	P v = 64; s = 0,64	4,2	105,5	
1x	Hrubování čel na povrchu a v otvoru smýkadlem; Dk = 3825; Dv = 3390; přídavek = 40; vyložení VBD = 150; Obr. 13b; Opracování 12,5; IT 10-14; Nastavení - PŘÍČNÍK/SUPPORT ≤ 2000 / < 1700	počet otočení VBD = 10,1 x v normě			
	Hrubování třísek = 4; K = 4; P = 4	nedostatečné upnutí			
	Vyložení smýkadla do 800 mm; hl. třísky 10,00	K + P v = 50; s = 0,47	11,9	475,6	
	DOKONČOVACÍ; Vyložení smýkadla do 800 mm	P v = 64; s = 0,64	4,2	129,5	
Celkem za operaci					
		TR	Tk	Tp	
		49	3091	74	

PŘÍLOHA 6

Postup výroby na vodorovné vyvrtávače WD 200/6000 1. část

Počet	Úkon	Doplňující text úkonu	Čas		
			Ta11	Ta12	Tb
1x	Na desku - plocha 9m2; středně složitá	hmotnost upínacího kusu = 4200 kg, dle rýsování nebo uhelníku 2 roviny; přivolání jeřábu 10 min	90		40
1x	Na desku - plocha 9m2; středně složitá	hmotnost upínacího kusu = 4200 kg, dle rýsování nebo uhelníku 2 roviny; přivolání jeřábu 10 min	90		40
1x	Přejehlení a očištění dosedacích a upínacích ploch		5,5		0
1x	Čas za přivolání jeřábu platí od hmotnosti 30 kg		10		0
1x	Frézovací hlava s VBD upínací držák (trn) - nad d160	IT 8-9			8
1x	Nástroj, upínací držák nebo jakýkoliv nástroj	šroubem nebo klínem mechanicky zajištěno	2,2		
2x	Obrob. 14b; Šířka = 350; Délka = 400; Přídavek = 30; Odlitek	počet pásů = 2			
	Vertikál = NE; Vylož. Vřet. = 1; Poloha vřet. = 1500; Oprav. Koef. = 00%				
	Nástroj hrubovací - Typ W60-SP15; D = 250; počet. Zubů = 14; úhel nast. 60°, SP15; typ VBD = 8026 PVD				
	Počet otočení VBD 0,3		1,9		
	Počet třísek = 4; Opracování = 12,5; s_min = 251; v = 102; n = 130; hl. třísky 7,2		11,5	28,8	
	Nástroj dokončovací - Typ W75-SP12; D = 250; počet. Zubů = 18; úhel nast. 75°, SP15; typ VBD = 8016 PVD	počet pásů dok. = 2; šířka 175			
	s_min = 687; v = 170; n = 217		3,6	3,9	
2x	Frézování ploch - dokončování; Obrob. 14b; Šířka = 350; Délka = 400	počet pásů = 2			
	Poloha vřet. = 1500; Oprav. Koef. = 00%				
	Nástroj dokon. - Typ W75-SP12; D = 250; počet. Zubů = 18; úhel nast. 75°, SP15; typ VBD = 8016 PVD				

PŘÍLOHA 7

Postup výroby na vodorovné vyvrtávače WD 200/6000 2. část

	Počet otočení VBD 0,1		0,4		
	Počet třísek = 2; Opracování = 25/IT = 12-14; s_min = 875; v = 170; n = 217		21,1	6,2	
	Celkem za operaci	Tr	Tk	Tp	
		59	292	92	