

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA,

MARIBOR

DIPLOMSKO DELO

ORODJARSKI PRISTOP PRI DEFINICIJI LIVARSKIH ORODIJ

Kandidat: VLADIMIR PREJAC

Študent izrednega študija

Številka indeksa: 11190040034

Program: strojništvo

Mentor: mag. Jože Ravničan

Maribor, september 2012

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKE NALOGE

Podpisan Vladimir Prejac, z vpisno št. 11190040034, sem avtor diplomskega dela z naslovom Orodjarski pristop pri definiciji livarskih orodij.

Tema je vzeta iz mojega ožjega in tudi širšega delovnega okolja. Ime in naslov podjetja bom zaradi diskretnosti izpustil. Kot pomoč in vodilo pri pisanju te naloge se lahko zahvalim mag. Jožetu Ravničanu, ki je tudi moj mentor diplomske naloge na višji strokovni šoli Academia.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predložena projektna/diplomska naloga izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli kot moje lastne – kaznivo po Zakonu o avtorskih in sorodnih pravicah, Uradni list RS, št. 16/2007; v nadaljevanju ZASP), prekršek pa podleže tudi ukrepom VSŠ Academia Maribor skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32. a čl. ZASP dovoljujem VSŠ Academia dajanje avtorskega dela na voljo javnosti – z objavo projektne/diplomske naloge na elektronskem mediju – e-portalu šole.

Maribor, september 2012

Podpis študenta:

POVZETEK

Diplomska naloga predstavlja pregled aktivnosti pri razvoju nekega izdelka, vzporedno z njim pa tudi priprave razvoja procesa litja, na osnovi katerega se ob zgoraj omenjeni pravilni konstrukciji, funkcijsko in metalurško zagotovijo kakovostni odlitki aluminijevih zlitin po gravitacijskem načinu litja. S čim manjšim posegom v orodje, v smislu odprave merske neskladnosti in dokončne priprave tehnološkega postopka litja, pripraviti celoten proces do serijsko ustreznih odlitkov.

Moj doprinos k čim bolj učinkovitejši in smotrnejši uporabi livarskih orodij in priprav ter samega procesa, se kaže v podajanju predlogov izboljšanja obstoječega stanja. Na koncu so tudi predstavljene nekatere rešitve skozi opisano problematiko in idejno rešitvijo z dodatno podprto teoretično obrazložitvijo.

Ključne besede: razvoj izdelka, virtualna podpora razvoja, konstrukcija orodij, orodjarstvo, razvoj procesa litja, izboljšave ...

ZUSAMMENFASSUNG

Toolmakers approach to the definition of foundry tools

Diese Diplomarbeit präsentiert Übersicht der Aktivitäten bei der Entwicklung eines Produktes, parallel dazu wird die Vorbereitung des Gussprozesses dargestellt, aufgrund dessen dann funktions-, konstruktions- und metallurgisch hoch qualitative Aluminium-Gusslegierungen nach Schwerkraft-Gießverfahren erstellt werden können. Das Ziel ist die Vorbereitung des ganzen Prozesses bis zur Serienproduktion mit möglichst wenigen Eingriffen an Werkzeugen, Behebung der Dimensionsabweichungen und Endfertigstellung des technologischen Gießverfahrens.

Mein Beitrag zur effektiveren und zweckbestimmteren Anwendung der Gusswerkzeuge, Vorrichtungen und des Gussprozesses besteht aus Vorschlägen zur Verbesserung des bestehenden Zustands. Zum Abschluss werden noch einige Lösungen mit ausgefülltem Anmeldeformular und einer theoretischen Darlegung vorgestellt.

Schlüsselwörter: Produktentwicklung, virtuelle Unterstützung der Entwicklung, Werkzeugkonstruktion, Werkzeugbau, Entwicklung des Gießprozesses und dessen Verbesserungen...

KAZALO VSEBINE

1 UVOD.....	8
1.1 Tema diplomskega dela.....	8
1.2 Opredelitev obravnavane zadeve in opis problema.....	8
1.3 Namen, cilji in osnovne trditve diplomske naloge	10
1.4 Predpostavke in omejitve.....	11
1.5 Predvidene metode raziskovanja	11
2 ORODJARSTVO V SLOVENIJI	13
2.1 Orodjarstvo in avtomobilska industrija	13
2.2 Livarna aluminija.....	14
2.2.1 Program Turbo.....	14
2.2.2 Pogonski sistemi	15
2.2.3 Med-industrijski izdelki.....	16
3 RAZVOJ IZDELKA	17
3.1 Faza povpraševanja.....	19
3.2 Virtualna podpora	19
3.3 Programska orodja.....	21
3.4 STL oblika prototipa.....	22
3.5 Tehnološka zasnova in kalkulacija	23
4 RAZVOJ IN KONSTRUKCIJA ODLITKA.....	24
4.1 Projektni tim	24
4.2 Livarska orodja	25
4.2.1 Premazovanje livarskih orodij	26

4.3	Tehnično dobavni pogoji za orodja in priprave.....	26
4.4	Vsebina TDP za izdelavo serijske kokile x	27
4.5	TDP orodja – kokile za litje pozicije OTK »X«.....	27
4.5.1	Namen orodja	27
4.5.2	Funkcionalnost orodja	27
4.5.3	Sestavni deli orodja	28
4.5.4	Preverba dokumentacije konstrukcije in simulacija litja pred izdelavo orodja ...	30
4.5.5	Tehnična dokumentacija.....	31
4.5.6	Pred prevzem orodja pri izdelovalcu	31
4.5.7	Prevzem V PC podjetja X.....	31
4.5.8	Končni prevzem orodja na PRS 4 (preskusna serija 4)	31
4.5.9	Garancija.....	31
4.6	Tehnična definicija orodja	31
4.6.1	Oznake na gravurah.....	32
4.7	Izbira orodjarjev	32
5	FAZA PREIZKUŠANJA ORODIJ	33
5.1	Preizkus orodja	34
5.2	Orodna služba	34
5.3	Pred serijsko preizkušanje livarskega orodja.....	34
6	PREDLAGANE SPREMEMBE	35
6.1	Zamenjava keramičnih napajalnikov.....	36
6.2	Vodilne puše izmetalne plošče	39
6.3	Pritisni trn za peščeno jedro.....	41

6.4	Odčitavanje pozicije jedra	43
6.5	Rebro- batnica.....	45
7	ZAKLJUČEK	47
8	UPORABLJENA LITERATURA IN VIRI	48
8.1	Viri.....	Napaka! Zaznamek ni definiran.
8.2	Spletni viri	48
9	PRILOGE	49

KAZALO SLIK

Slika 1:	Ohišja turbokompresorjev	15
Slika 2:	Različni tipi nosilcev	15
Slika 3:	Glave motorjev in pokrova.....	16
Slika 4:	Shema razvoja izdelka.....	18
Slika 5:	Temperaturna polja po prerezu orodja po desetem ciklu	20
Slika 6:	Temperaturna območja po zapolnitvi gravure	21
Slika 7:	Asortiman stereolitografskih izdelkov	22
Slika 8:	Delni zgled terminskega plana	24
Slika 9:	Karuselni način litja	26
Slika 10:	Razpored izmetal na gravuri in ulivnem sistemu OTK.....	30
Slika 11:	Odrezan krog vstopa sesalne cevi	Slika 12: Sklenjen krog vstopa sesalne cevi 32
Slika 13:	Pred prevzem izdelanega livarskega orodja pri izbranem orodjarju	33
Slika 14:	Različni tipi napajalnih tulcev	37
Slika 15:	Čas strjevanja	Slika 16: Grafični prikaz zadrževanja temperature..... 38

Slika 17: Nov izdelan komplet izmetalnega vodenja	41
Slika 18: Prikaz funkcije pritisnega trna	42
Slika 19: Signaliziranje preko batnice	43
Slika 20: Zavorni boben kot tipalo senzorja.....	44
Slika 21: Rebri –batnica , dva tipa.....	45
Slika 22: Grafikon stroškov po fazah razvoja	47
Slika 23: Osnutek risbe za napajalne tulce	49
Slika 24: Primer uporabe zavornega bobna in rebri -batnice.....	50

TABELE

Tabela 1: Karakteristika jekel za orodja	28
Tabela 2: Pregled stroškov uporabe keramike.....	39

1 UVOD

1.1 Tema diplomskega dela

Predstavil bom aktivnosti, ki so člen verige pri nastanku livarskega orodja. Sem spadajo kovinski jedrovniki za izdelavo peščenih jeder po Croningovem postopku in kokile za gravitacijsko litje, katerih poudarek je na izdelavi teh orodij z vsemi spremljajočimi procesnimi koraki. Vpliv ostalih elementov podpore, kot so stroji in priprave, prav tako pripomore k učinkovitemu funkcioniranju celotne strojno orodne opreme v smeri proizvodnje kakovostnega izdelka.

Primer na katerem bo temeljila diplomska naloga, je izvzet iz mojega delovnega okolja v podjetju X. Gre za metalurško dejavnost livarne aluminija, kjer proizvodnja temelji na postopku gravitacijskega litja v kokile. Proizvodnja je velikoserijska, predvsem za avtomobilsko industrijo. Izdelujejo se tri pomembne skupine odlitkov, kot so razni nosilci motorjev, glave valjev, ohišja turbokompresorjev in še nekateri drugi ulitki, kot je na primer ohišje EGR ventila.

1.2 Opredelitev obravnavane zadeve in opis problema

V celotnem opisu načrtovanja in konstruiranja orodij, bom prikazal posamezne faze razvoja: od ocene izvedljivosti, do ponudbe in naročila ter izdelave tehnično - tehnoloških dobavnih pogojev za izdelavo livarskih orodij in nazadnje preskušanje v procesnih pogojih, skladno s pričakovanji ustrezno delujočega orodja.

Zadnje ima po mojem mnenju nekaj manjših pomanjkljivosti. Če bi se livarska orodja izdelovala v naši delovni sredini, bi ta del postopka skupaj s tehničnimi rešitvami in poznejšimi morebitnimi dodelavami časovno precej hitreje realizirali. Tako pa nam ob izgubi večje dodane vrednosti, kar izdelava orodij dejansko predstavlja, in eliminiranju spodbujanja kreativnosti našega strokovnega kadra, preostane le sprejemanje in zadovoljevanje z

obstoječim stanjem dobavljenega orodja, četudi je pogojeno z določenimi zahtevami z naše strani.

Ravno v tem sem videl priložnost za izboljšanje stanja operativnega delovanja v naši proizvodni dejavnosti oz. panogi livarstva. Predpogoj za učinkovito delovanje in izboljšave na mojem področju je precejšnja mera strokovnega znanja. Zraven sodi tudi veliki del odgovornosti in samoocenjevanja, seveda v smeri izpolnjevanja zahtev kupca, skozi postavljeno tehnologijo in obstoječe tehnično izhodišče, skupaj s strojno opremo. Objektivni pristop ter zanimanje za reševanje tehničnih in tehnoloških problemov, me je torej po dolgoletnem izvajanju zahtevnih nalog, najprej pri izdelavi livarskih orodij, kasneje tudi pri obnovi in vzdrževanju le teh, spodbudilo k izboljševanju stanja. Aktivnosti so tudi podprte skladno s pravilnikom službe napredka, katera sistematično ureja in vodi kot »Tvoje ideje za napredek sistema«. Nekaj izmed teh predlogov izboljšanja, bom obravnaval v tem diplomskem delu. Ob idejni zasnovi in operativni izdelavi livarskih orodij za proizvodnjo odlitkov bom opisal le nekaj izboljšav, s katerimi je njihova uporaba pripomogla k pravilnemu delovanju in namembnosti teh orodij. S temi spremembami in izboljšavami se je zmanjšal čas zastojev v procesu litja. Večji del sprememb in izboljšav je transversalno uporabljeno in vgrajeno na mnoga podobna orodja v procesu proizvodnje.

Predlogi izboljšanja so naslednji

- zamenjava keramičnih napajalnikov
- prilagodljive vodilne puše iz metalnega sistema
- pritiski trn za peščeno jedro
- sistem odčitavanja položaja preko batnice
- rebro - batnica

1.3 Namen, cilji in osnovne trditve diplomske naloge

Namen diplomskega dela je predstaviti vpliv idejnih rešitev na pravilno, nemoteno in praktično delovanje livarskega orodja kokile v procesu litja odlitkov iz aluminijevih zlitin. Seveda, ko se neka rešitev pokaže za ustrezno, jo je treba ovrednotiti z več stališč oz. nivojev. Predvsem je treba poudariti vrsto funkcijskih ali praktičnih rešitev, še posebej če časovno in stroškovno izkazuje pozitiven napredek ali trend. Vsako idejno rešitev je torej treba realno presoditi, videti v njej stvaren napredek in jo kasneje vključiti v nadaljnje aktivnosti, oz. pri enakovredni problematiki, jo dokumentirati in tehnično uporabiti pri načrtovanju in konstruiranju novih ponovitvenih ali drugih podobnih orodjih.

Cilji diplomske naloge:

- predstaviti proces nastanka livarskega orodja - kokile
- s pomočjo virov in osebnega poznavanja predstaviti tehnični in tehnološki vidik zasnove livarskih orodij
- na podlagi preskušanj in rezultatov izkustveno podati mnenje o problematiki namembnosti stroja, orodja ali livarske opreme
- predlagati izboljšave
- tehnično podpreti izboljšavo
- z analizo preskusov navesti ugotovljene prednosti ali slabosti
- predstaviti tudi prihranke in učinkovitost

1.4 *Predpostavke in omejitve*

Uspešno izvedene moje ideje izboljšav v proizvodnji z dejansko nadgradnjo in uvedbo v praksi, kot doprinos praktične vrednosti, bom opisno prenesem tudi v mojo diplomsko delo s predpostavko smiselno uporabnega povezovanja z določeno temo.

Predpostavke, uporabljene pri preučevanju zadeve so:

- dostopnost do strokovne literature
- vzpostavitev kontaktov z izdelovalci orodij
- dostopnost do podatkov tekoče proizvodnje
- sodelovanje strokovnega kadra
- razpolaganje z rezultati preskušanj

Možne omejitve:

- zaupnost podatkov v podjetju
- fizična prisotnost pri preskušanju
- pridobivanje podatkov
- relevantnost ocenitve predlagane rešitve

1.5 *Predvidene metode raziskovanja*

V avtomobilski industriji oz. proizvodnji odlitkov aluminijevih zlitin je vedno manj preostalega časa za izvedbo preizkusov in ugotavljanje ustreznosti postavljene tehnologije. Ocena izvedljivosti, zasnova tehnološkega postopka, simulacije litja in izkušnje so izrednega pomena za rezultat »prvič dobro«, saj se neuspeh takoj kaže v obliki dodatnih stroškov. Vsak

tehnični in tehnološki poseg v orodje lahko spremeni funkcijo v poprej v mejah normale delujočega sistema .

Moje metode izboljšanja so bile seveda odgovor na iskanja dodatnih ustreznih rešitev nastalim funkcijsko ne ravno najboljšim preteklim izvedbam orodij, katere ne zagotavljajo kontinuirane vzdržljivosti oziroma kakovosti procesa za serijsko proizvodnjo.

Ostale metode raziskovanja:

- metoda zbiranja podatkov z uporabo zunanjih virov (strokovna literatura, posvetovanja ...)
- metoda zbiranja podatkov v notranjih virih, v podjetju
- obiski podobnih delovnih procesov, oz. spoznavanje drugega okolja
- metodo dokazovanja in izpodbijanja napak
- metoda primerjanja
- metoda dedukcije: način logičnega sklepanja na temelju splošnih zaznav;
- metoda sinteze: oblikovanje zaključkov na osnovi lastnih spoznanj

2 ORODJARSTVO V SLOVENIJI

O slovenskem orodjarstvu je težko govoriti kot o enotnem gospodarskem segmentu. Večina orodjarn je specializiranih po materialih in tehnologijah, razlikujejo pa se tudi po obliki organiziranosti oziroma po lastništvu. Ukvarjajo se s kovinsko pločevino, tlačnim litjem kovin, injekcijskim brizganjem polimernih gradiv. So v lasti velikih podjetij ali skupin podjetij. Delujejo kot samostojne družbe ali le profitni centri, ponekod so kot del tehnično vzdrževalnih služb velikih tovarn ali pa so le samostojni podjetniki.

Samostojne orodjarne skoraj vsa proizvedena orodja izvozijo, tiste v lasti skupin pa morajo najprej poskrbeti za potrebe lastnikov po orodjih, s prostimi zmogljivostmi pa se usmerjajo večinoma v izvoz. Takšni sta na primer na področju orodij za preoblikovanje kovinske pločevine orodjarna Emo Celje, na področju orodij za polimere pa IMAS Sežana. Več je orodjarn, ki so odvisne od matičnih družb, kot je družba Gorenje Orodjarna, ki pa kljub temu kar 70 odstotkov svoje proizvodnje izvozi.

Razmah slovenskega orodjarstva, na temeljih ostankov prejšnje intenzivne industrije, je dal pobudo za ustanovitev Tecos-a, Tehnološkega centra orodjarstva Slovenije v Celju. Takrat, pred skoraj dvema desetletjema, je bila Slovenija po številu orodjarjev na milijon prebivalcev druga na svetu, kar pa se lahko prenese tudi v današnji čas, omejen na evropski prostor in podprta še z drugimi primerjalnimi podatki, da je Slovenija orodjarna Evrope. (<http://m.delo.si/clanek/147911>; 11.4.2012)

2.1 Orodjarstvo in avtomobilska industrija

Slovenske orodjarne izvažajo orodja, še več pa je tistih, ki pomagajo pri izvozu izdelkov, kateri so narejeni z njihovimi orodji. Prav ti so za slovensko gospodarstvo izredno pomembni, kajti od njih živi nekajkrat več ljudi. To je najbolj očitno pri izvozu komponent za avtomobilsko industrijo. Ta panoga prispeva velik delež k izvozu. Kdor namreč izdeluje komponente ali je celo razvojni partner svetovne avto industrije in od tega živi, mora biti res

dober, v širšem smislu, imeti mora veliko inovativnega znanja, strokoven in visoko izobražen kader in ne nazadnje platformo na osnovi katere raziskuje, razvija in izdeluje posamezne dele ali sklope.

Uspešna tržna niša, in na začetku tudi unikatna je bila ideja o hitri maloserijski izdelavi realnih pločevinastih izdelkov za potrebe avtomobilske industrije. Te uporabljajo pri razvoju novih avtomobilov, predvsem pri testiranju njihove varnosti. Zamisel temelji na močnih računalniških tehnologijah in bazah znanj. Prav takšna podpora evropski industriji je pred leti še bolj utrdila vlogo orodjarjev pri razvoju novih avtomobilov. (<http://m.delo.si/clanek/147911>; 11.4.2012)

2.2 Livarna aluminija

Naš metalurški obrat je eden izmed mnogih dobaviteljev aluminijastih odlitkov za avtomobilsko industrijo. Po postopku gravitacijskega litja v kokile, z uporabo peščenih jeder ali brez njih je proizvodnja usmerjena predvsem v tri skupine:

- turbo polnilniki
- pogonski sistemi - nosilci motorjev
- med industrijski izdelki

2.2.1 Program Turbo

Največji delež naše prodaje predstavljajo izdelki programskega področja Turbo. Na tem področju je krovno podjetje, v smislu kakovosti in obsega proizvodnje, med vodilnimi svetovnimi proizvajalci. Izdelki so vgrajeni v motorje avtomobilov vseh vodilnih avtomobilskih proizvajalcev, kot so: VW, GM, Opel, Ford, Daimler, Fiat, Iveco in Audi.



Slika 1: Ohišja turbokompresorjev

Vir: Lasten

2.2.2 Pogonski sistemi

Podjetje je razvojni dobavitelj številnim avtomobilskim proizvajalcem (PSA, BMW, Audi, VW, Ford, Volvo) in sistemskim dobaviteljem (Eaton, Simenss-Continental) in v tem segmentu izdelkov s svojimi kupci goji uspešen poslovni odnos, ki temelji na razvoju. Nosilni izdelki programskega področja Pogonski sistemi in s pomembnimi tržnimi deleži so deli izpušnega sistema, nosilci motorja in opreme, ročice ter turbo cevi.

Izdelki s tega področja zahtevajo inovativnost in razvojne rešitve z namenom, da prispevajo k zmanjševanju obremenitev okolja. Zastavljeni cilj zasledujemo z zmanjševanjem mase materialov, manjšim trenjem med številom sestavnih delov in uporabo novih materialov z izboljšanimi termičnimi lastnostmi.



Slika 2: Različni tipi nosilcev

Vir: Lasten

2.2.3 Med-industrijski izdelki

Med-industrijski izdelki, ki izhajajo iz izkušenj, pridobljenih v avtomobilskem stebru, in so bili uspešno preneseni na izdelke, namenjene za druge vrste transporta. Izdelki so »built-to-print« (s strani kupca pridobljeni razvojni načrti, na osnovi katerih pripravimo ustrezen proizvodni proces za nadaljnjo serijsko proizvodnjo), zato nam nudijo večjo fleksibilnost v koriščenju kapacitet. Gre predvsem za izdelke, ki niso podvrženi dolгим proceduralnim postopkom pri uvajanju v serijsko proizvodnjo, zato je čas od prejema naročil do začetka serijske proizvodnje neprimerljivo krajši. Ključni izdelki s tega področja so cilindri, bati, glave valjev, razni pokrovi in ohišja. Proizvodnja teh izdelkov ni omejena le na avtomobilsko industrijo temveč tudi na proizvodnjo kmetijske opreme in inženiring.



Slika 3: Glave motorjev in pokrova

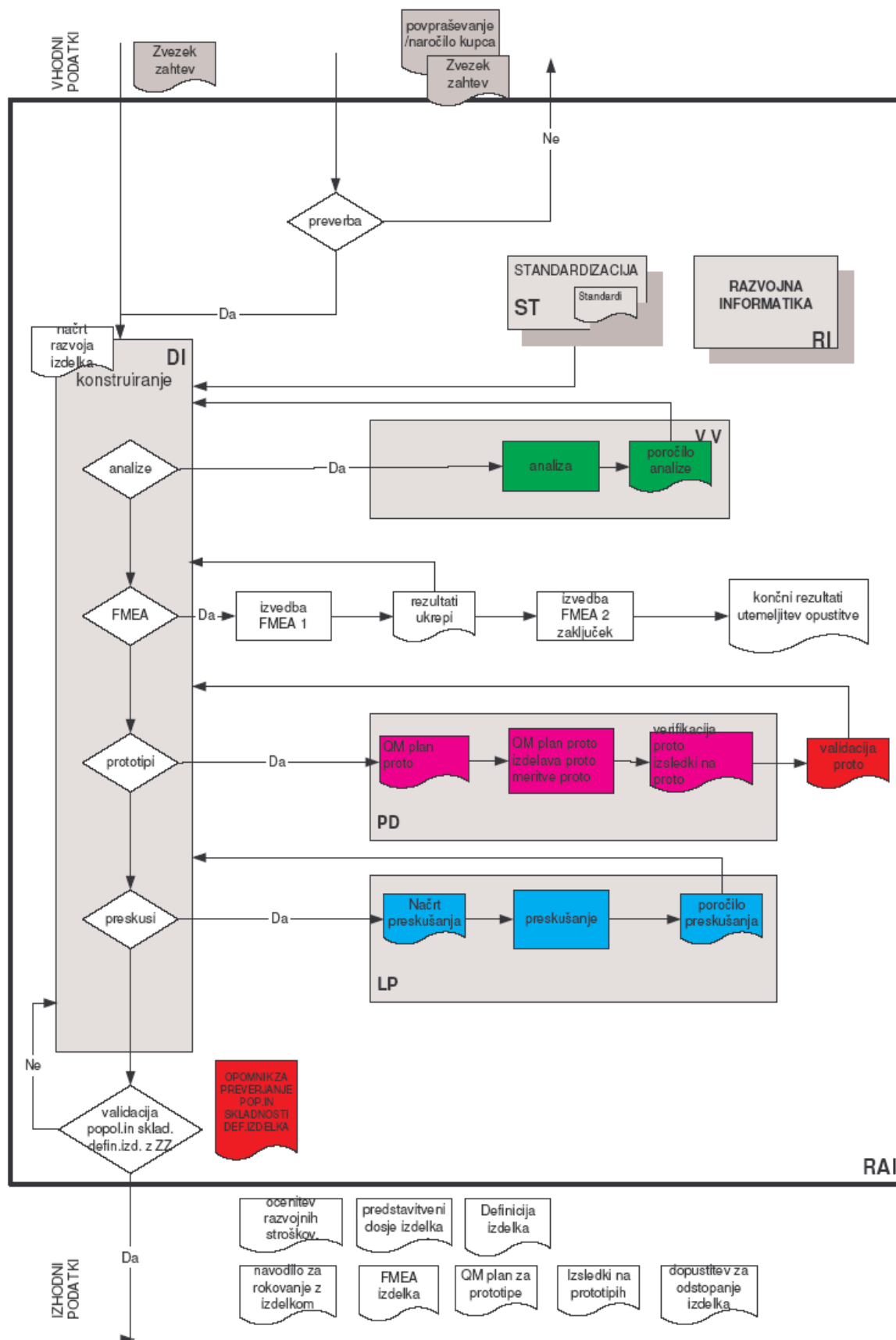
Vir: Lasten

3 RAZVOJ IZDELKA

V zadnjih letih se pomen razvoja v livarnah spreminja, kar se kaže v vse večjem zanimanju vodstvenega in razvojnega managementa s ciljem, da kupec in dobavitelj postaneta na področju razvoja novih izdelkov strateški partnerji, ki si skupaj prizadevata doseči čim boljše poslovne rezultate. Prednosti tega sodelovanja so poleg optimizacije oblike in funkcije novega izdelka, zniževanje stroškov, krajši čas razvoja in zanesljiv zagon serijske proizvodnje odlitkov za avtomobilsko industrijo.

Od livarn se zahteva, da aktivno sodelujejo in vplivajo na proces razvoja novega izdelka in to seveda v najkrajšem možnem času. V preteklosti se pri konstruiranju novega izdelka - odlitka običajno ni veliko oziralo na specifične lastnosti posamezne litine in na poljubno tehnologijo litja. Zaradi potrebe po nenehni optimizaciji in zniževanju stroškov postaja upoštevanje livarskih zakonitosti pri konstrukciji odlitkov nuja. V podjetju se zavedamo, da je potrebno kupcem poleg pravočasnih dobav kakovostnih odlitkov nuditi tudi sodelovanje pri razvoju, izdelavi in mehanski obdelavi odlitkov. Zato smo z nekaterimi izmed naših kupcev vzpostavili partnerske odnose pri razvoju prototipov in novih izdelkov.

Hitra izdelava prototipov za idejno vizualizacijo in funkcionalno preizkušanje pred začetkom konstruiranja serijskih orodij je zelo pomembna pri današnjem razvoju in osvajanju izdelkov pri livarskih postopkih. Bistvena prednost je velika natančnost ob sorazmerno hitri izdelavi livarskih gravur in orodij. Razvojni inženirji že v začetnih fazah konstruiranja v veliki meri optimizirajo obliko novega izdelka – prototipa tako, da 3D model postane nosilec vseh potrebnih informacij (tako podatkovnih, kot vizualnih). Faze sklopov 3D modeliranja omogočajo vnose in analize podatkov pri virtualnih simulacijah litja v realnih pogojih. Tako se zagotavlja ne samo kvaliteten razvoj izdelka, ampak tudi povezovanje ostalih oddelkov v podjetju, ki potrebujejo neposreden dostop do podatkov ali vizualnih informacij o izdelku in aktivno sodelujejo pri konstrukciji odlitka in načrtovanju tehnologije litja, pri iskanju izboljšav, optimizaciji tehnologije livarskega procesa ter povečevanju zanesljivosti serijske proizvodnje določenega odlitka. Na ta način se skrajša čas razvoja izdelka, zmanjša možnost napak, optimizira proizvodnja in racionalizira poslovanje.



Slika 4: Shema razvoja izdelka

Vir: Interni

3.1 Faza povpraševanja

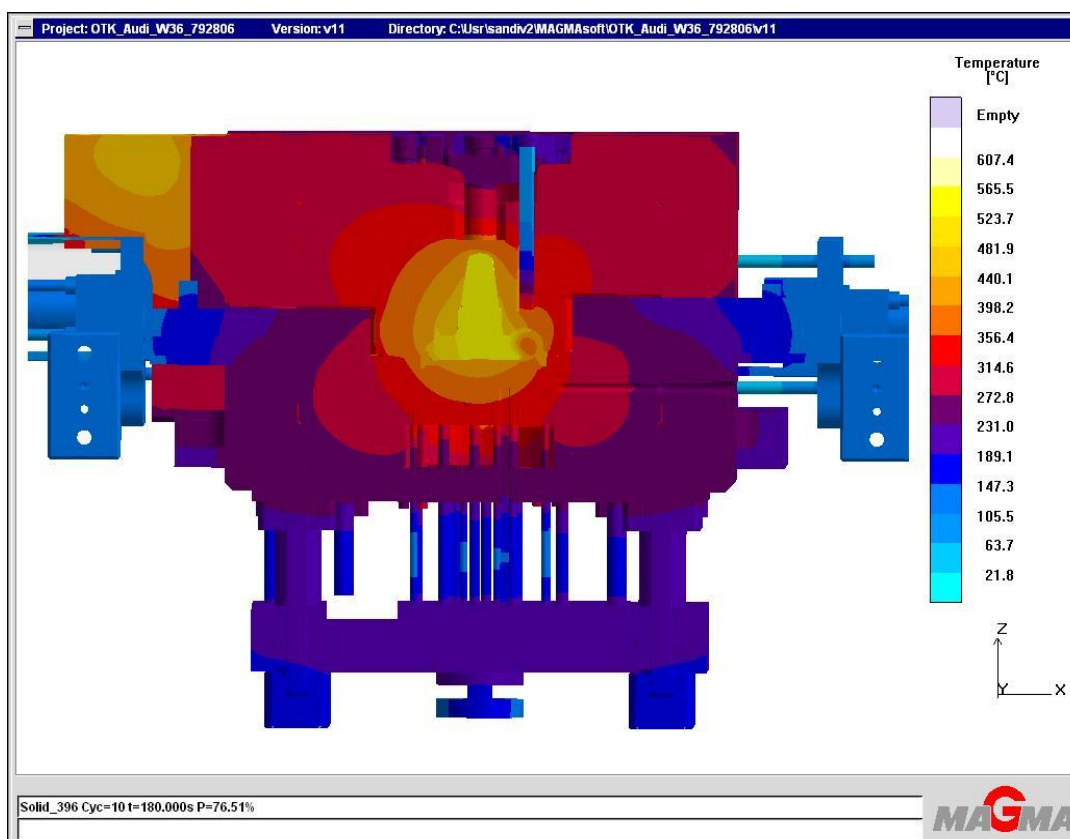
Ob prejemu povpraševanja kupca po novem odlitku se izvede pregled prispele vhodne dokumentacije (2D in 3D), ocena izvedljivosti, postavi se tehnološka kalkulacija in okvirne potrebne investicije. V fazi povpraševanja, projektni inženir pregleda zahtevane lastnosti odlitka, sklopa, naslonske površine in pritrditvene luknje, obdelane površine (dimenzije in toleranca), sile, ki jo morajo vzdržati določena območja, maksimalno težo odlitka, lastnosti materiala in seveda pridobi ekonomski izračun cene. V naslednjih fazah se ob naročilu izdelave prototipov in serijskih odlitkov se izdelava idejni in pozneje še izvedbeni projekt izdelka.

Razvojni inženir sodeluje z naročnikom odlitkov že v fazi postavljanju konstrukcije 3D modela. Skrbeti mora, da se pri zasnovi odlitka poleg znanih splošnih karakteristik, ki vplivajo na potek delilne ravnine, dodatkov za obdelavo, naklonov, zaokrožitev, izhodiščnih naslonskih točk upošteva tudi lastnosti tehnologije in samega proizvodnega procesa izdelave odlitka. S transverzalnim prenosom izkušenj se poskuša vplivati na konstrukcijo odlitka in s tem zmanjšati oziroma odpraviti verjetnost pojavljanja določenih napak, nepotrebnih operacij v procesu litja in pozneje še mehanske obdelave.

3.2 Virtualna podpora

Izdelava 3D virtualnih prototipov nam pomaga pri optimizaciji, ne da bi dejansko izdelali prototip. Tako dosežemo izvorni namen konstrukcije - model postane nosilec vseh potrebnih informacij (podatkovnih in vizualnih), je shranjen in uporaben skozi celotni razvojni proces. Vsa konstrukcijska dokumentacija odlitka izvira iz 3D CATIA modela. Vpogled v dokumentacijo je možen preko centralnega arhiva, ki je razdeljen po skupinah in kupcih. Veljavni (aktualni) 2D načrti so datumsko verificirani in služijo za informacijo v proizvodnji in za arhiviranje sprememb v dosje izdelka. Za vse izvedbene faze (simulacija litja in strjevanja, izdelavo orodij, dimenzijsko kontrolo ulitka) je vedno merodajen 3D model.

V zadnjem času so v veliko pomoč računalniške simulacije, ki nam omogočajo natančen vpogled v termo- mehanske procese v livni votlini orodja. Slednje postaja redna praksa in sestavni del zasnove in postavitve novih procesov izdelave odlitkov. Simulacije cikličnega vnosa toplote nam dajo natančen vpogled, kaj se dogaja v ulivni votlini skozi prikaz temperaturnega polja po prerezu orodja. Po preseku toplotnih con orodja lahko natančno določimo, kje posamezna mesta hladiti ali segrevati, da dosežemo temperaturno ravnovesje in hkrati želeno kvaliteto izdelkov.

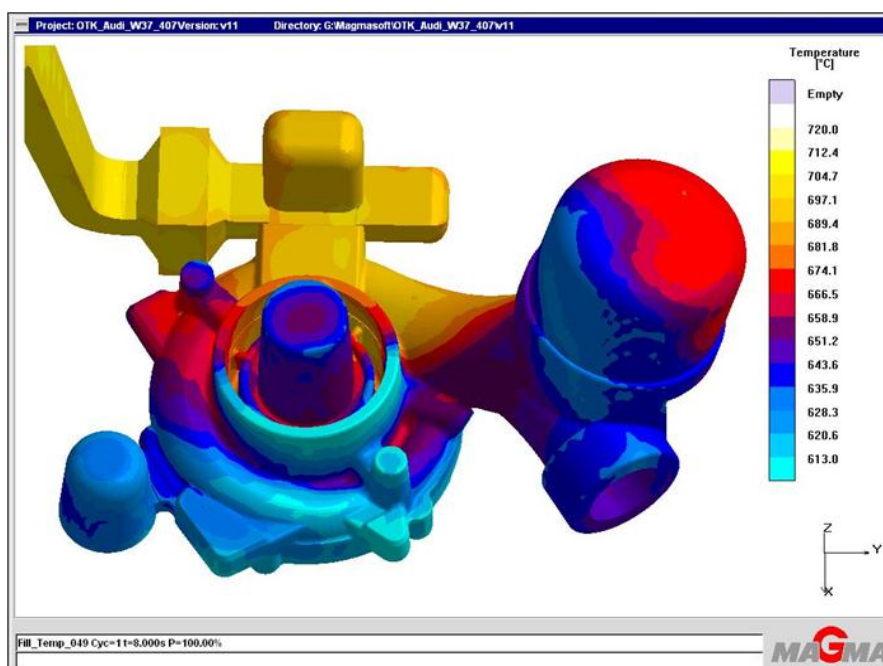


Slika 5: Temperaturna polja po prerezu orodja po desetem ciklu

Vir: Interni

3.3 Programska orodja

Naše podjetje je opremljeno s integriranim CAD/CAM/CAE softverom CATIA V5, ki je splošno priznan programski paket v avtomobilski in letalski industriji. Tako zagotavljamo kompletne rešitve in veliko fleksibilnost v procesu simultane inženiringa. Pri optimiranju in preverjanju postavljene livarske tehnologije glede na konstrukcijo ulitka in specifičnost proizvodnega procesa si pomagamo s programskim paketom MAGMASOFT, računalniško simulacijo poteka litja in strjevanja. Možnost modeliranja in izvajanja različnih simulacij je pomembna konkurenčna prednost. Na tem področju že od samega začetka sodelujemo s tehnološkimi razvojnimi oddelki naročnikov in dobaviteljev. S programsko opremo MAGMASOFT zagotavljamo podporo naročnikom pri razvoju novih izdelkov in orodij ter jim svetujemo pri konstrukcijskih rešitvah njihovih izdelkov. Simulacija litja in strjevanja je analiza ulivanja in strjevanja litine v virtualnem računalniškem okolju, vendar ob predpostavki in upoštevanju realnih procesnih parametrov. Ključni namen procesa je optimizacija ulitka in ulivnega sistema s krajšanjem razvojnih časov izdelkov, saj je testno preizkušanje v praksi drago in časovno potratno.



Slika 6: Temperaturna območja po zapolnitvi gravure

3.4 STL oblika prototipa

V prototipni delavnici krovnega podjetja je izdelan STL model prototipnega odlitka, ki nam služi kot pripomoček za oceno izvedljivosti, preverjanje, potrjevanje konstrukcije in tehnologije ter za realno vizualizacijo odlitka.

STEREOLITOGRAFIJA je ena od najbolj uporabljenih tehnologij za hitro izdelavo potrebnih prototipov - modelov, ki so osnova za izdelavo odlitkov. Za postopek digitalizacije uporabimo ustrezne postopke obdelave dobljenih CAD modelov, ki omogočajo izdelavo STL datotek - modela. CAD geometrijski podatki se v Z- vertikalni smeri »narežejo«, razstavijo v 0,05 do 0,15 mm debele plasti in se programirajo za stereolitografski stroj. To plast kasneje natančno prepotuje številsko krmiljeni laserski žarek nad tekočo umetno snovjo. Ta snov je tekoči polimer, ki se v področju, kjer ga zadene laserski žarek, strdi in z izdelavo vseh plasti v Z-smeri nastane tridimenzionalen izdelek. (Mehatronika, 2009, 252)



Slika 7: Asortiman stereolitografskih izdelkov

3.5 Tehnološka zasnova in kalkulacija

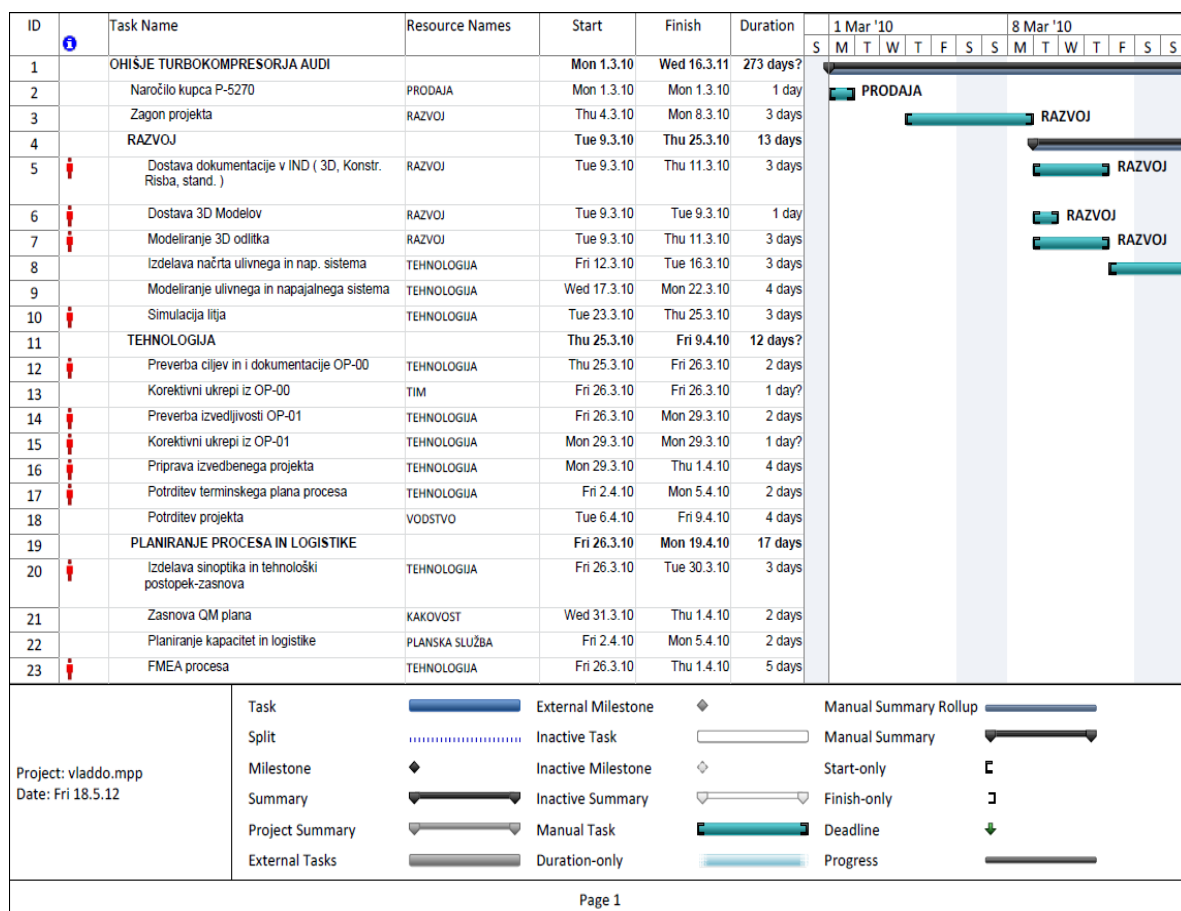
Povpraševanje se ne nanaša samo na izdelek – odlitek, ampak na kompleten proces, ki zajema stroje, priprave, livarska orodja (kokile in jedrovniki), mehansko obdelavo, čas dela, material itd. Na osnovi tega se dobijo podatki, ki jih kasneje obdelata služba tehnologije. Vse to zajema tehnološka kalkulacija. Le-to obdelata služba kontrolinga. Še na osnovi ostalih vhodnih podatkov, kot so cena delovne sile, energenti, voda, plin, elektrika, itd se vsi ti podatki tekoče ažurirajo in na osnovi tega se potem dobi, oz. določi cena izdelka. Lastna cena izdelka pa je podatek, ki se posreduje prodaji, ki na osnovi določenih zakonitostnih formul in dodane vrednosti izoblikuje končno ceno odlitka. Ta pa poleg končnega izdelka zajema tudi orodja in priprave, ki so kasneje last kupca.

4 RAZVOJ IN KONSTRUKCIJA ODLITKA

4.1 Projektni tim

Ko pride do odločitve, da je podjetje nominirano za neki posel, se konceptualno na upravi družbe, glede na to v katerem resorju se nahaja izdelek in po določeni grupaciji (turbo, nosilec...) določi vodja projekta. Ta organizira sestanek na nivoju podjetja in ustanovi projektni tim in preko ostalih služb podpore, kot so nabava investicijskih sredstev, tehnologija, prodaja... izvajajo ključne aktivnosti za realizacijo projekta.

Terminski plan je tu kot sistematična podpora: kaj in kdo ter koliko časa se posamezna faza izvaja. Prav tako je časovna razporeditev usklajena tudi z kupcem, da se sledi realizaciji posameznih terminskih faz oz. členov in je hkrati tudi v njegovi vednosti.



Slika 8: Delni zgled terminskega plana

4.2 Livarska orodja

Material za izdelavo kokile mora biti dobro obdelovalen in obstojen proti mehanskim in toplotnim obremenitvam (termo šokom) med ponavljajočimi se livnimi cikli. Zaradi cenenosti se pogosto uporablja siva litina z lamelnim grafitom, ki se dobro obdeluje in ima dobro toplotno prevodnost. V večini primerov pa se za velikoserijsko proizvodnjo aluminijevih odlitkov uporabljajo orodna jekla za delo v vročem, kot sta Utop Mo1 in Utop Mo2. V preteklosti je litje v kokile doseglo velik vzpon, posebej pri izdelavi ulitkov iz aluminijevih zlitin, ki ne nenehno narašča, največji porabnik izdelkov pa je avtomobilska industrija. Glede na geometrijo ulitkov ločimo eno in večdelne kokile. Te so lahko z vodoravno in navpično delilno ravnino, oblika le teh pa je odvisna od geometrije ulitka. Postopek litja v kokile je odvisen od velikosti serij in zahtevnosti ulitkov. Za litje manjših serij enostavnih ulitkov običajno uporabljamo ročno litje. Pri velikih serijah zahtevnih ulitkov je postopek litja polavtomatski, kjer poteka zapiranje in odpiranje kokile polavtomatsko, litje in odvzemanje ulitkov pa poteka ročno ali pa tudi avtomatsko. Poznamo pa tudi povsem avtomatizirane procese, kjer so kokile nameščene na krožni mizi, prilagajajo pa se hitrosti pomikov posameznih sekvenc, ki so: polnjenje livne votline, strjevanje, odpiranje in izmetavanje ulitka, čiščenje in premazovanje, vlaganje jeder ter zapiranje obeh polovic forme. Poleg krožne namestitve livarskih orodij je še v večjem porastu tehnično manj zahtevna uporaba linijskega robotskega manipulatorja. (Gogić, 2011, 38)



Slika 9: Karuselni način litja

Vir: Lasten

4.2.1 Premazovanje livarskih orodij

Kokile premazujemo, da znižamo najvišjo temperaturo in s tem preprečimo reakcijo med talino in kokilo, ki bi povzročila, da bi se ulitek privaril na orodje. Pri litju aluminijevih zlitin najbolj pogosto uporabljamo toplotno izolacijske premaze na osnovi kaolina in hladilne premaze na osnovi koloidnega grafita. Debelina sloja premaza, ki ga naneseemo na očiščeno površino kokile znaša 0,1 do 0,2 mm. Ker kokile niso propustne za pline, jih izdelamo tako, da lahko plini in zrak brez težav izhajajo na prosto, bodisi skozi napajalni sistem ali skozi zračne reže postavljene na najvišjih točkah ulitka. Zaradi dobre livnosti so aluminijeve zlitine posebej primerne za kokilno litje zelo zahtevnih ulitkov, kot so npr. glave motorjev, sesalni kolektorji, nosilci motorjev, ohišja turbokompresorjev. Imajo veliko toplotno kapaciteto, zaradi česar je strjevanje počasnejše kot npr. pri bakrovih zlitinah. Zaradi tega je verjetnost nastanka hladnih zvarov manjša, časi strjevanja pa daljši. Gretje in hlajenje kokile med obratovanjem običajno ni potrebno, razen pri zelo kompleksnih ulitkih. (Gogić, 2011, 39)

4.3 Tehnično dobavni pogoji za orodja in priprave

S strani tehnologije se izdelajo TDP - tehnično dobavni pogoji za orodja in priprave. Ta listina oz dokument je vez med naročnikom in dobaviteljem te opreme ter predstavlja določene zahteve prvega, ki jih mora slednji tudi upoštevati. Dokončno oblikovanje in priprava

dokumentacije v obliki tehnične definicije za livarsko orodje se nato posreduje službi investicijskih sredstev in opreme. Prične se povpraševanje po dobavitelju teh osnovnih sredstvih.

4.4 Vsebina TDP za izdelavo serijske kokile x

Kadar gre za nek povsem nov tip odlitkov, torej takšnih, kjer konstrukcija in zahtevnost izdelkov precej odstopa od običajnega asortimana livarskih produktov v naši livarni, je smotrnejša izdelava prototipnega orodja, ki omogoča morebitne popravke in ni podvržena tako zelo strogim zahtevam s strani naročnika orodja. Kadar pa gre za serijsko orodje, so definicije in zahteve točno določene. Seveda so možne minimalne korekcije v smislu odpravljanja merskih neskladnostih po izvedbi merilnega protokola za odlitek, kakor tudi izboljšanje funkcioniranja ulivno-napajalnega sistema v orodju.

4.5 TDP orodja – kokile za litje pozicije OTK »X«

Opisno je predstavljen samo en del tehnično dobavnih pogojev orodja za litje pozicije ohišje turbokompresorja.

4.5.1 Namen orodja

Orodje je namenjeno za gravitacijsko – kokilno litje aluminijske zlitine AlSi10Mg na avtomatskem livarskem stroju na hidravlični pogon z vertikalnim odpiranjem stranic.

4.5.2 Funkcionalnost orodja

Pod funkcionalnostjo orodja se razume:

- pravilna zapolnitev gravur s talino,
- pravilno delovanje napajalnika,
- pravilno strjevanje (tok strjevanja),
- pravilno zapiranje kokile,
- nedeformirani ulitki,
- ulitek pri odpiranju orodja ostaja v spodnji polovici orodja,
- možnost izvlečenja odlitka brez napora iz orodja (ročni odvzem),
- da ne pride do loma ulitkov pri odvzemu iz orodja,

- pravilno delo zračnikov,
- brez izlitja taline po delilni ravnini orodja pri litju,
- da ne prihaja do ribanja (trenja med ulitkom in gravuro pri odvzemu iz kokile,
- da ne pride do loma jeder pri njihovi uporabi (uskladiti velikost jedra s kokilo).

4.5.3 Sestavni deli orodja

Priporočljivi materiali za izdelavo gravur:

Oznaka jekla po (SLO oznaka, jekla stara) DIN 17006	Trdota HR c	Sestava (%)							
		C	Si	Mn	Cr	Mo	V	W	
X38CrMoV51 (Č. 4751)	42 – 46	0,38	1,00	0,40	5,00	1,30	0,30	-	
X40CrMoV51 (Č. 4753)	42 - 46	0,40	1,00	0,40	5,00	1,30	1,00	-	

Tabela 1: Kemijska sestava orodnega jekla za izdelavo jedrovnikov in kokil

Vir: Interni

- Naklone v spodnjem delu orodja narediti minimalne, v zgornjem pa max. dovoljene po načrtu ulitka.
- Pri izdelavi jedrovnika upoštevati odstotek krčenja aluminija pri strjevanju 0,7 % in odstotek širjenja orodja 0,12 % (kar pomeni 0,82 %), delovne temperature orodja se gibljejo od 350 – 400 °C. Sloj premaza na eni stranici znaša 0,2 mm.
- V zgornjem delu gravure izdelati napajalnik po konstrukcijski zasnovi

4.5.3.1 Zračniki

Zračnik morajo biti na prelomu oblike pri zgornji obliki gravure in nad napajalniki. Odzračevalne sprostitev pa 0,1 – 0,15mm pri kernmarkah. Bočna sprostitev za celotno ležišče peščenega jedra mora biti 0,1 – 0,3mm.

4.5.3.2 Centriranje orodja

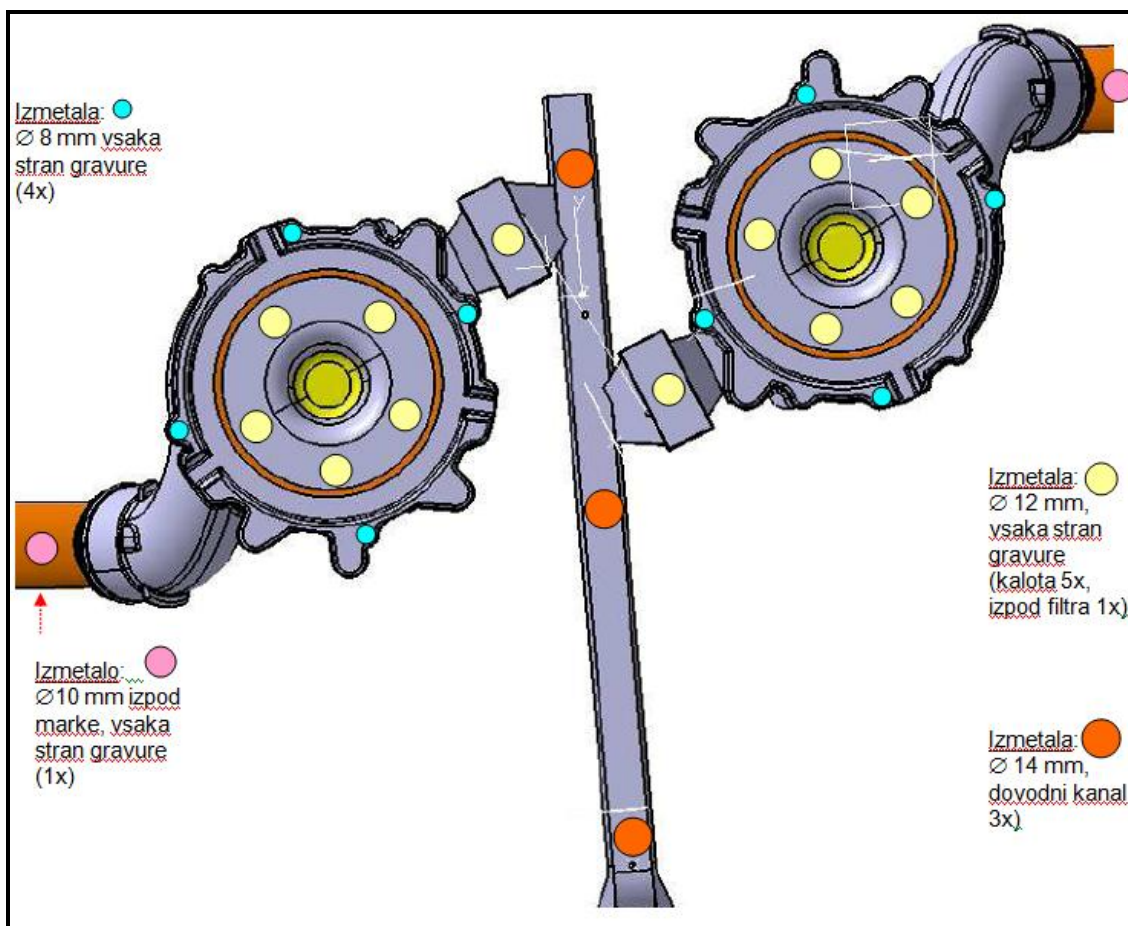
Centriranje zgornjega in spodnjega dela kokile mora biti s tremi ovalnimi čepi in ovalnimi pušami.

4.5.3.3 Datumski vložki

Velikost in vrsta datumskih vložkov je podana z konstrukcijsko dokumentacijo oz. zahtevo kupca. Pri končnem prevzemu je potrebno PC8 dostaviti za vsako gravuro komplet datumskih vložkov kakor tudi datumske vložke za letnico za dobo 5 let.

4.5.3.4 Izmetalni sistem

Izmetalni sistem definirati v spodnjem delu gravure, delitev ulitka pa po konstrukcijski dokumentaciji.



Slika 10: Razpored izmetal na gravuri in ulivnem sistemu OTK

Vir: Interni

4.5.3.5 Grelec za segrevanje orodja

Izdelovalec orodja mora konstruirati in izdelati demontažni grelec za istočasno segrevanje obeh polovic orodja z plinom. Pri izdelavi grelca je treba upoštevati, da se izdelava grelec z čim manjšo maso, zaradi enostavne montaže in demontaže. Navoj za pritrditev Bounsena – ovega priključka mora biti $\frac{3}{4}$ ". Luknje za izpust plina za segrevanje morajo biti na grelcu izvrtane le s spodnje strani

4.5.4 Preverba dokumentacije konstrukcije in simulacija litja pred izdelavo orodja

Po končanju izdelave konstrukcije orodja, mora izdelovalec orodja dostaviti konstrukcijske načrte orodja podjetju - naročniku, da se skupaj z dobaviteljem preveri usklajenost z našimi zahtevami.

4.5.5 Tehnična dokumentacija

Izdelovalec se obvezuje dostaviti naslednjo dokumentacijo:

- ATEST materiala iz katerega je orodje izdelano,
- 3 D model jedrovnika (STL),
- sklopni načrt orodja,
- popolne načrte vgrajenih delov, posebej tistih, ki se obrabljajo, lomijo oz. tistih pri katerih obstaja nevarnost poškodb pri montaži in demontaži jedrovnika ali pri delu.

4.5.6 Pred prevzem orodja pri izdelovalcu

Izvesti se mora toplo preizkušanje orodja , da se preveri njegova funkcionalnost.

4.5.7 Prevzem V PC podjetja X

Ponovno se naredi vroče preizkušanje orodja ob temperaturnih parametrih serijskega litja ob prisotnosti izdelovalca.

4.5.8 Končni prevzem orodja na PRS 4 (preskusna serija 4)

Prevzem orodja v PC livarne po narejenih naslednjih aktivnostih:

- preverjanje montažnih pogojev orodja (da ustreza zastavljenim pogojem),
- kontinuirano delo 8 ur (da orodje pravilno funkcionira v tem intervalu),
- litje preizkusne serije PRS 1, PRS 2, PRS 3 in PRS 4.
- izvajanje meritev ulitkov oz. da forma in dimenzije ulitka odgovarjajo načrtu,
- kontrola kakovosti ulitka (brez poroznosti, lunkejev, razpok, ...).

Pri prevzemu orodja mora biti v PC livarne dostavljena kompletna tehnična dokumentacija

4.5.9 Garancija

Izdelovalec se obvezuje da bo orodje za litje obdržalo funkcionalnost v njegovem delovnem obdobju oz. v času minimalno 150 000 litij.

4.6 Tehnična definicija orodja

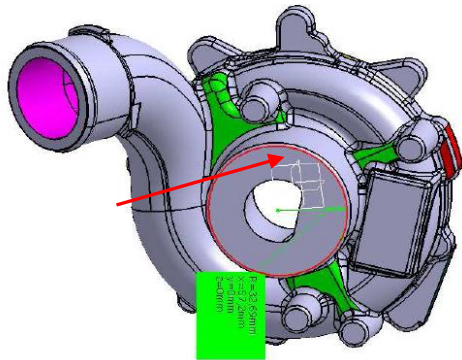
Je dokumentacija , ki opisno in slikovno precizira zahteve konstruktorja in tehnologa bodočim izdelovalcem livarskih orodij. Manjši del specifične vsebine te tehnične dokumentacije za orodje OTK (ohišje turbokompresorja) je predstavljen v nadaljevanju.

4.6.1 Oznake na gravurah

Izvedba oznak po specifikaciji in zahtevi na risbi surovca skladno z zahtevami GARRETT standard št. XX-5780.

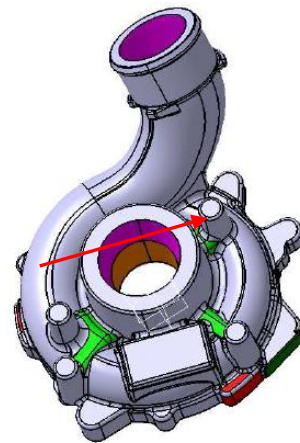
Na gravuri morajo biti naslednje oznake:

- Lokacijo oznak dostavi razvojni inženir podjetja
- GARRETT – standard
- logotip podjetja
- M12 (oznaka materiala)
- .56 (oznaka spirale)
- Datumski vložek, standardno dva vložka, eden je za dan (1-31), a drugi za mesec in leto (za 5 let).
- Kalota (spodnji vložek) je deljiva da se lahko vzame ven. Del kalote kateri oblikuje odprtino sesalne cevi je izmenljiv in sta za vsako gravuro 2 vložka oblike (a: odrezan krog, b:sklenjen krog.)



Slika 11:Odrezan krog vstopa sesalne cevi

Vir: Interni



Slika 12: Sklenjen krog vstopa sesalne cevi

Vir: Interni

4.7 Izbira orodjarjev

Livarna pošlje povpraševanje najmanj dvema izdelovalcema livarskih orodij in po ponudbi izbere najugodnejšega. Cena ni najbolj odločujoč faktor , upoštevati je potrebno še splošne reference orodjarja, morebitno poprejšnje sodelovanje v podobnih projektih, zaupanje v kvaliteto in terminsko pravočasno izdelavo.

V času izdelave navadno izbrani izdelovalec orodij kontaktira s tehničnimi službami zadolženimi za izvajanje tega projekta, kot so razvojniki, konstruktorji in tehnologi ter sproti rešujejo morebitne nejasnosti.



Slika 13: Pred prevzem izdelanega livarskega orodja pri izbranem orodjarju

Vir: Lasten

5 FAZA PREIZKUŠANJA ORODIJ

5.1 *Preizkus orodja*

Po prispetju orodja v livarno sledi probno litje. Temu morajo prisostvovati vsi akterji, ki so bili vključeni v proces nastanka tega odlitka. Poleg zunanjega orodjarja, naših sodelavcev iz proizvodne tehnologije in industrializacije, je obvezno tudi naše prisostvovanje orodne službe kot notranja orodjarska podpora. V začetni fazi se v delovnih pogojih ugotavlja ustreznost funkcioniranja vseh sklopov orodja. Odlije se kvota odlitkov in se sproti ugotavljajo in beležijo morebitne pomanjkljivosti, v smislu tehnične pa tudi metalurške ustreznosti, ki je bila predvidena v začetni fazi razvoja konstrukcije bodočega izdelka, konstruiranja orodja in razvoja celotnega procesa litja. Takrat je potrebno na skupnih sestankih uporabiti mnenje in strokovno znanje orodjarjev s ciljem, da s prvim popravilom in odpravo merskih neustreznosti dosežemo livarski izdelek brez metalurških napak in merskih odstopanj, ki ga mora opraviti izdelovalec orodij, manjši posegi pa so v pristojnosti usposobljenih orodjarjev naše livarne.

5.2 *Orodna služba*

Služba Popravilo in vzdrževanje livarskih orodij je nastala kot posledica razformiranja orodjarne v našem podjetju. Kovinodelarna je bila manjša orodjarna za izdelavo in popravilo livarskih kovinskih modelov. Po vstopu v avtomobilsko verigo in priključitvi metalurškega obrata k enemu izmed največjih podjetij za proizvodnjo avtomobilskih delov pri nas, se je obseg in zahteva po tovrstnih livarskih orodjih zelo povečal. Iti korak s časom, pomeni investirati v strojno opremo, orodja in seveda tudi kader. Zaradi različnih interesov, pa tudi zaradi pomanjkanja višjega strokovnega kadra, je bilo sprejeto, da se celotna izdelava orodij prenese na zunanje izvajalce, medtem, ko se obstoječa orodjarna preoblikuje kot podpora tekoči proizvodnji aluminijastih odlitkov.

5.3 *Pred serijsko preizkušanje livarskega orodja*

Sledi faza preizkušanja orodij za pred serijske izdelke. Odlije se LOT - neka določena količina, katere del se predstavi kupcu, nekaj odlitkov pa se uporabi za ponovni pregled merilnega protokola. Pred serijski izdelki lahko (ali pa tudi ne) odstopajo od končnega izdelka. Spremembe so zopet možne s strani kupca.

Tehnična dokumentacija je v večini primerov že ažurirana, izvedljivost litja je znana, orodja in ostala oprema prav tako. Na osnovi teh preizkušanj se preverja tehnološka stabilnost procesa in kakovost izdelkov. Izdelki- odlitki se tudi finalizirajo, izvaja se merilni protokol, ugotavlja se stabilnost procesa in določenih toleranc. Ko vse to ustreza, se izdelki pošljejo kupcu, s priloženo določeno dokumentacijo, ki jo kupec zahteva in je bila že v začetku opredeljena.

Vsebovati mora tudi dokumentacijo tehnološkega postopka, FMEA(metoda ugotavljanja možnih napak), merske protokole, vsebovati mora tudi prilogo o izvedenih simulacijah litja, sinoptik procesa in kontrolni plan. To je skupek dokumentacij, ki spremljajo vsak izdelek- odlitek. Ker pa je kupčeva zahteva tudi odlitek mehansko obdelati, je zato treba priložiti še to vrsto dokumentacije.

Kupec te kose zopet preverja ,testira, saj so le-ti izdelani v pred serijskih pogojih. Kasneje poda povratno poročilo oziroma dodatne pripombe, ki jih je potrebno z naše ali njihove strani dopolnit.

Po terminskem planu se po tej fazi nabavlja oprema, ki v okoliščinah preskušanja ni bila nujna, oziroma je bilo možno zagotoviti odlitke na obstoječi opremi, ki se nahaja v livarni. Nadaljujejo se aktivnosti za serijsko proizvodnjo.

6 PREDLAGANE SPREMEMBE

Orodjarji orodne službe za popravilo in vzdrževanje livarskih orodij in priprav smo servis proizvodnji za ohranjanje uporabnega stanja orodij, kadar prihaja do poškodb ali anomalij in sodelujemo pri odpravi morebitnih napak po izdelavi livarskih orodij in tudi opreme. Dolgoletne izkušnje na tem področju in zainteresiranost za pravilno funkcioniranje so me vodile v izboljševanje obstoječega stanja, v smislu podajanja predlogov izboljšanja, kakor tudi njihovo realizacijo.

6.1 Zamenjava keramičnih napajalnikov

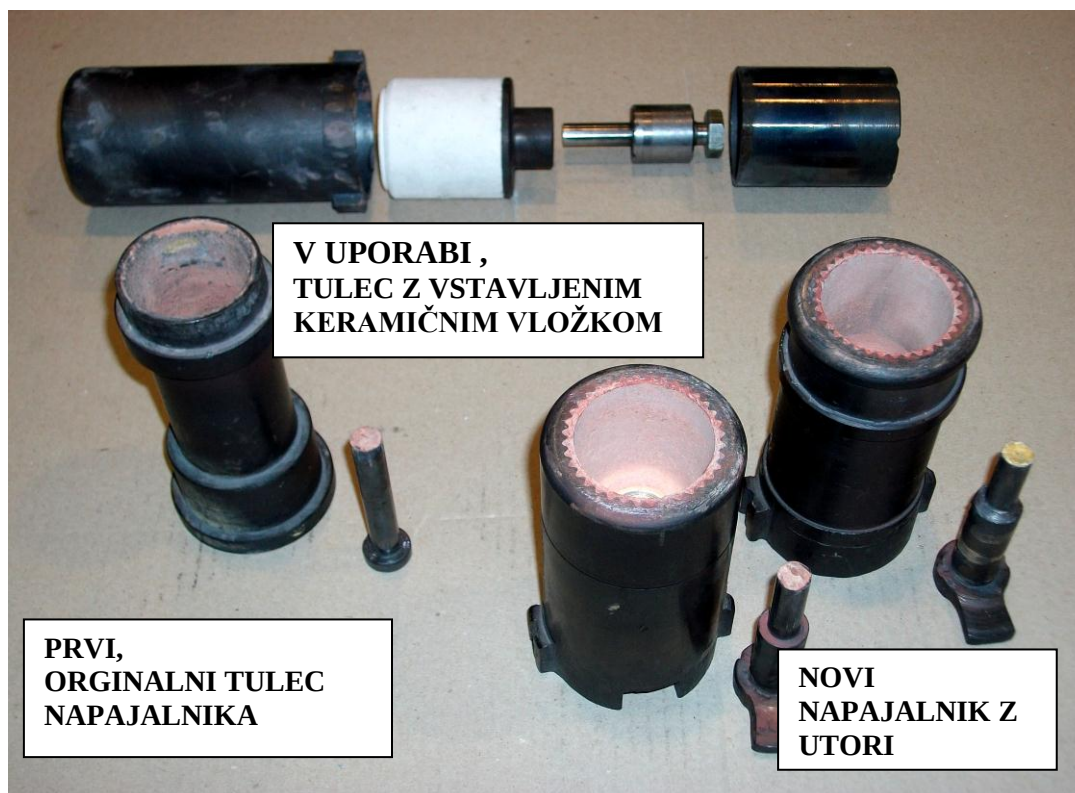
Opis obstoječega stanja:

NOVI NAPAVALNIK (za SIMENS –CONTI)

Funkcija keramičnega napajalnika ustreza namenu, vendar se pojavi problem mehanske trdnosti, katera ne zagotavlja kontinuirane vzdržljivosti med dvema čiščenjema. Bistvo t.i. keramike je visoka izolativnost in sposobnost zadrževanja temperature v napajalniku, kateri mora biti kot zadnji v fazi strjevanja. Za morebitno spremembo uporabe t.i. keramike me je vodil način priprave teh tulcev z montažo , ki je bil večinoma v moji pristojnosti. Uporaba je tudi smotrna za daljši rok ne samo pri tej poziciji ampak pri vseh ostalih, v katerih so ali pa se še bo (zunanje storitve predelav in izdelav novih nosilcev- tulcev keramike) uporabljal tak način izvedbe, seveda ob mersko spremenjeni in prilagojeni obliki ležišč.

Rešitev:

Keramiko zamenjamo z navadnim kovinskim ohišjem (podobnega smo v začetku osvajanja tudi uporabljali) z dodano noviteto. Povečanje površine po notranjem obodu za nanos izolacijskega premaza (kaolin). To sem izvedel z izdelavo vzdolžnih utorov trikotnega preseka – lahko je tudi pravokotnega. Preizkus z novim napajalnikom smo izvedeli na kokili Simens-Conti. Obe gravuri 3.1 in 3.2 sta bili v funkciji pol delovnega časa. Okoli 80 kosov je bilo poslano na obdelavo in kar se izmeta tiče, ni nič kaj odstopalo od povprečja: 7 kosov od 80= ~ 7,8%, vendar je za objektivno oceno potrebno zadevo izvest na veliko večjem številu kosov pa tudi določitev izmeta po posameznih območjih je potrebno natančno opredeliti.

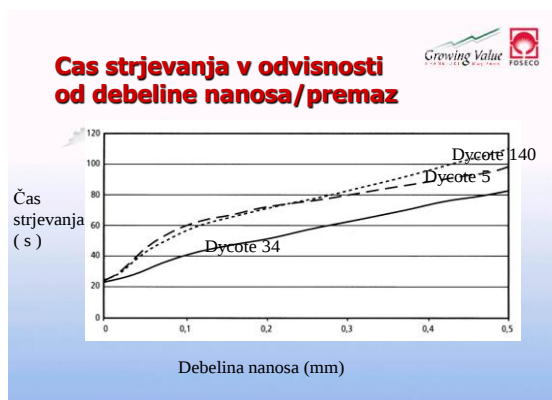


Slika 14: Različni tipi napajalnih tulcev

Vir: Lasten

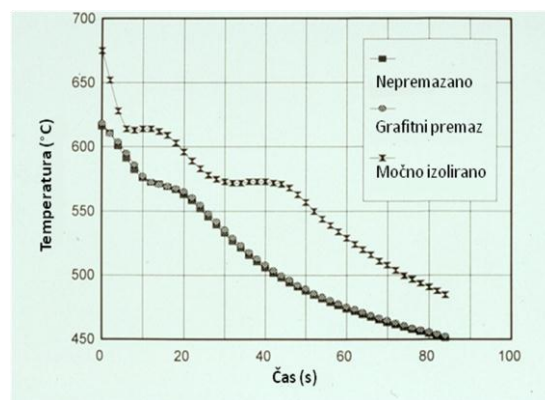
Obrazložitev

Zgoraj prikazana slika z besedilom nazorno prikazuje uporabljene vrste različnih tulcev – napajalnih elementov, ki se vstavijo v zgornjo, gibljivo polovico kokile. Namen napajalnika, kot je že opisano v podaji koristnih predlogov, je zadrževanje temperature v napajalnem delu. To se lahko izvede na več načinov, vse pa je odvisno od kvalitete izolativnega premaza, njegove debeline nanosa (slika 13), kakor tudi pravilnega postopka nanašanja. Predpogoj je seveda volumen napajalnika, katerega talina po gravitacijskem postopku nadomešča izgubljeno maso sled strjevanja (krčenja) in padanja temperature (slika 14). Ostane nam torej najenostavnejši prijem oziroma osnovni način zaščite s pravilno izolacijo. Da pa bi bila obstojnost premaza kar se da vzdržljiva sled mehanskih vplivov (odnašanja površine zaradi nepravokotnega dvigovanja), sem dodal po notranjem obodu napajalnega tulca utore, katerih namen je povečati površino nanosa. Utori tudi mehansko zadržujejo kaolinski nanos. Ta mora vzdržati povprečno dve izmeni do naslednjega čiščenja, pribl. 180 ulivov, nakar se premaz doda le na poškodovanih površinah.



Slika 15: Čas strjevanja

Vir.: FOSECO- kokilni premazi



Slika 16: Grafični prikaz zadrževanja temperature

Vir.: FOSECO- kokilni premazi

Zaključek

Če vse skupaj povzamem, je uporaba keramičnih tulcev (sinter izolativnih prahov) zgrešena poteza. Kar se metalurgije tiče, ne prispeva kaj več od običajnih prijemov napajanja, poleg tega pa je osnovni problem strošek, ki nikakor ne opravičuje delovanja tega napajalnika. Vzdržljivost keramike je v povprečju 400 odlitih kosov, tako da se menjava vrši po dveh čiščenjih. Če se izpustijo ostale številčne vrednosti proizvodnje, je mesečna poraba skoraj 80 keramičnih vložkov samo pri tej poziciji (tri kokile po dve gravuri) kar znaša pribl. 720 evrov mesečno dodatnih stroškov gledano s finančne plati. Prav tako je tudi čas priprave, torej zamenjava keramike (peskanje, čiščenje in lepljenje) dodatna časovna obremenitev. Upoštevati je potrebno tudi zamenjavo (izdelavo) jeklenih ohišij za keramični vložek, kar znaša dodatnih 900 evrov za šest gravur na letni ravni. Ostale vrednosti stroškov:

Odliti kosi	Poraba keramičnih vložkov za napajalnik (kos)	Cena , (evro)
360	1	9
28.000 mesečno	~ 80	720
letno	~ 1000	9000
	Izdelava jeklenih ohišij za keramiko , 6 x	6x 150 = 900
DODATNI LETNI STROŠEK PROIZVODNJE		
SKUPAJ: ~ 10.000 evrov		

Tabela 2: Pregled stroškov uporabe keramike

Vir: Lasten

6.2 Vodilne puše izmetalne plošče

Opis obstoječega stanja : ASTON MARTIN (AM), KOKILA –VODILNE PUŠE
IZMETALNEGA SISTEMA

AM kokila za odlitek ročice mehanizma pokrova rezervoarja ima sistem vodenja izmetalne plošče po principu togi vodilni steber in toga vodilna puša v plošči. Ta sistem ne omogoča gibanja (širjenja in krčenja) zaradi temperaturne razteznosti kokile ~300° C (kokila se drugače širi kot izmetalna plošča).

Vodila so toga privijačena v kokilo, vodilne puše pa malodane toga vstavljene med dve plošči, ki povezujeta izmetala. Pri segrevanju in posledično širjenju kokile tako pride do krčnega gibanja izmetalne plošče (ali pa to sploh ni mogoče). Zato se je v večini primerov povečal premer broninih vodilnih puš (~ 0,5 mm), kar po drugi strani eliminira funkcijo enakomernega dvigovanja izmetalne plošče brez nagibanja in s tem zvijanja odlitkov.

Opis predlagane rešitve:

Izdelal sem jekleno vodilo z vstavljenimi broneno pušo. Jeklena srajčka ima namen povečati trdnost v prečni smeri glede na trn. Da pa omogočimo prilagajanje puše raztezu kokile, moramo povečati tudi premer obeh izvrtin na izmetalni plošči. S tem se puše (4 kosi) same prilagodijo raztezu vodilnih trnov. Tehnično izboljšavo načina izvedbe sem predstavil oddelku konstrukcije (v obliki skice), ki bo spremembe priporočeno posredovala zunanjim izdelovalcem – orodjarjem, za upoštevanje pri izdelavi naslednjih orodjih.

Obrazložitev računsko podprta :

Dejanski linearni razteznostni koeficient α je določen s spreminjanjem dolžine

$L = L_0 (1 + \alpha T)$ pri povišanju temperature: $\alpha = (L - L_0) / L_0 T \{ 1/^\circ\text{C} \}$

L_0 = začetna razdalja med trni diagonalno znaša 250 mm

αT = razlika temperatur med gravuro s togimi vodilnimi trni (336 °C) in izmetalno ploščo (157 °C) izmerjeno z ročnim pirometrom znaša 179 °C

Linearna temperaturna razteznost α za legirano Cr Ni jeklo znaša 0,000 0115 (K -1)

(KRAUTOV STROJNIŠKI PRIROČNIK , Littera picta, 2007, str. 171)

Iz tega sledi : $(1 + 179 \times 0,000\ 0115) \times 250 = 250.5\ \text{mm}$

Dejansko je torej diferenca središčnih razdalj diagonal vodil med spodnjo gravuro in izmetalno ploščo 0.5 mm. Če se upošteva zračnost med vodili in vodilno pušo (~0.05 mm po premeru), zgoraj računsko podana razlika ne omogoča pravilnega funkcioniranja orodja – delovanja izmetalnega sistema.



Slika 17: Nov izdelan komplet iz metalnega vodenja

Vir: Lasten

6.3 Pritisni trn za peščeno jedro

Opis obstoječega stanja: PRITISNI TRN ZA JEDRO (orodje OTK 518)

Pri vstopu taline v gravuro sled vzgona dvigne peščeno kanalno jedro. Na največji ročici (največji oddaljenosti od vpetja) to je v območju kalote, pride do zalitja, hkrati pa tudi do tanjšanja oz. debelitve sten ohišja odlitka. Vzrok je v preveliki razdalji od centra ohišja (in nasedanja na kaloto), do ležišča na izstopu tulca, kjer je peščeno jedro po celotnem obodu »ujeto« med zgornjo in spodnjo obliko gravure. Ta problem dvigovanja jeter na kaloti se pojavlja na več pozicijah. Posebej pa je izstopal na tej poziciji, kjer nikakor ni bilo možno stabilizirati proizvodnje zaradi prevelikega izmeta.

Opis predlagane rešitve

Eden izmed poskusov reševanja je bilo pritiskanje jedra s koničnim trnom skozi napajalnik, ki je še v območju možne izvedbe mojega tako imenovanega »sistema treh točk«. Prva točka je spodnje naleganje jedra na kaloto, druga je naslon jedra izven območja uporabne gravure, tretja točka pa bi morala biti na sredini med prvo in drugo od zgoraj (teoretično). Ker pa je pritiskanje dovoljeno od zgoraj izven območja uporabnega izdelka, je edino možno le od zgoraj skozi napajalnik. Pri tem je potreben kompromis med zmanjšanjem napajanja tulca (zaradi volumna trna) in funkcionalno učinkovitim načinom zadrževanja peščenega kanalnega jedra ob vse spodnje predvidene naležne površine (na kaloti). Zadeva se je torej s pomočjo trna, vstavljenega skozi napajalnik in s pomočjo prosto obtežitvijo pol kilogramske

mase od zgoraj pokazala v proizvodnji za učinkovit način reševanja konstrukcijske ali izdelovalne neustreznosti kakor tudi. Vse sem izdelal in preizkusil na obeh gravurah ter predal proizvodnji.



Slika 18: Prikaz funkcije pritisnega trna

Vir: Lasten

Obrazložitev predlagane rešitve

Obtežitev peščenega jedra bi naj bila kompenzacija za neujemanje spodnjih naslonskih in zgornjih pokrivnih pritisknih površin. Vzrok temu je neustrezna izdelava uskladitve zgornje in spodnje polovice gravure kakor tudi možnost zvitega peščenega jedra.

6.4 Odčitavanje pozicije jedra

Opis obstoječega stanja: MCM kokila - NOSILEC ZA SENZOR

Odčitavanje položajev stranskega jedra odprto - zaprto na kokili MCM je bilo (ob prevzemu ga sploh ni bilo) izvedeno preko podaljška traku. Obstoječi način ni zmeraj zagotavljal sigurnega beleženja pozicije jedra zaradi tresenja podaljška tipala. Treba je bilo narediti tak učinkovit način, da ob demontaži hidravličnega cilindra in s tem tudi stranskega jedra, ne bi bile potrebne kakršnekoli demontažne aktivnosti.

Opis predlagane rešitve:

Izdelal sem sistem odčitavanja preko batnice hidravličnega cilindra. Način izvedbe zagotavlja sigurno in točno odčitavanje položaja stranskega jedra. Vse sem preskusil in predal proizvodnji. Rezultat je takšen, kot da problema nikoli ni bilo.



Slika 19: Signaliziranje preko batnice

Vir: Lasten

Obrazložitev:

Podana rešitev je samo ena izmed mnogih mojih prijemov reševanja odčitavanja pozicije različnih gibljivih delov, ki sestavljajo livarsko orodje. Bistvo je, da so gibljivi deli nameščeni v ali na njegovo konstrukcijo (hidravličnega cilindra), torej ločeni od livarskega orodja. Le-ta se dnevno menjavajo in manipulirajo na livarskih pripravah. Zraven tega pa podaljški in ročice pritrjeni na samo orodje ne nudijo togosti in stabilnosti za pravilno delovanje stikal z gibljivim kolesčkom, in tudi po načinu induktivnega odčitavanja. Še en primer rešitve odčitavanja položajnosti preko zavernega bobna (izmet) v kombinaciji pritrditve z ploščatim rebrom kot nadomestkom podaljška batnice hidravličnega cilindra (slika 20).



Slika 20: Zavorni boben kot tipalo senzorja

Vir: Lasten

6.5 Rebro- batnica

Opis obstoječega stanja : Rebro batnica za kokilo AUDI 151

Neenakomerno dvigovanje izmetalne plošče zaradi zamaknitve oz. središčne nesimetričnosti gravure napram pripravi in s tem tudi spodnjemu hidravličnemu cilindru za izmetavanje. Posledica tega so bili zviti kosi, ki jih je bilo potrebno v oddelku finalizacije z dodatno operacijo ravnati. Zvitost odlitkov povzroča tudi trganje zaščitnega izolativnega laka na stenah gravure in posledica tega je bila, da se je na teh mestih nabiral aluminij.

Vzrok temu je točkovno prileganje batnice hidravličnega cilindra v prirobnico s prosto vstavljeno zagozdo. Ta zveza omogoča dvigovanje le dobro vodeni izmetalni plošči v sistemu z drogovi in vodilno pušo v simetrali z spodnjo gravurno razporeditvijo.

Opis predlagane rešitve

Izdelal sem ploščo trapezne oblike z namenom podaljšati ročico vpetja in s tem zmanjšati možnosti nagiba izmetalne plošče zaradi dvigovanja. Tehnična izboljšava se je v proizvodnji pokazala kot dobra rešitev ne simetričnih gravur napram.



Slika 21: Rebro–batnica, dva tipa

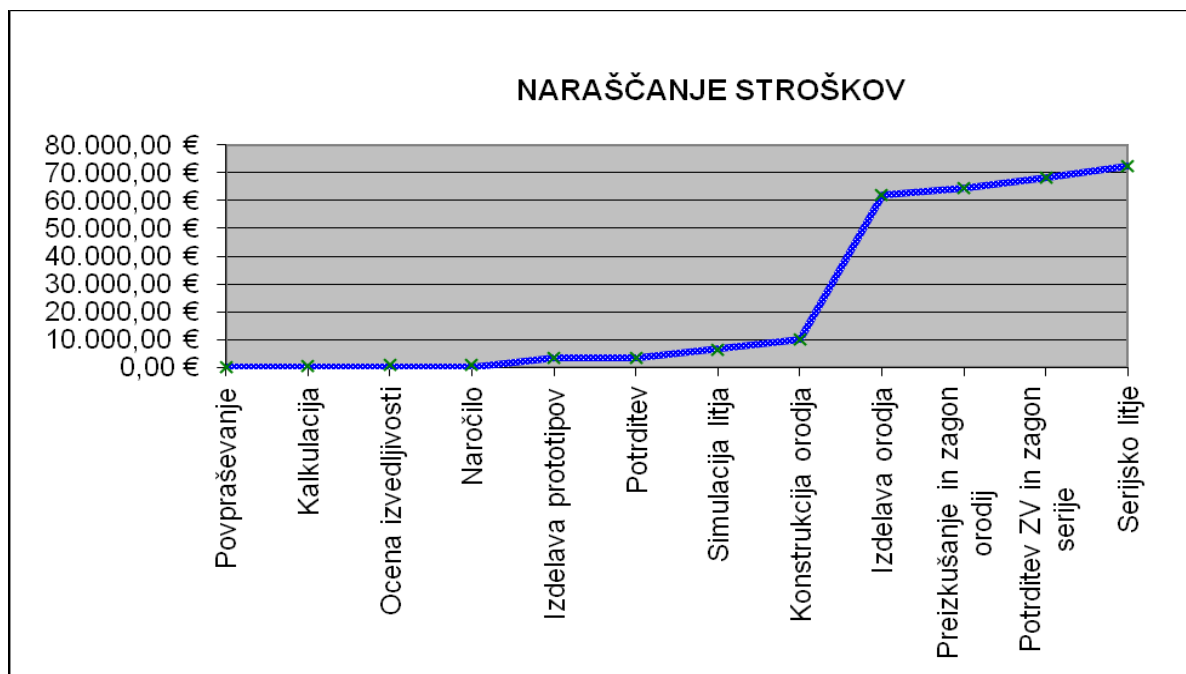
Vir: Lasten

Obrazložitev

Trapezna plošča je, za razliko od povezovalnega droga, toga privijačena tako v batnico hidravličnega cilindra, kot na spodnji del izmetalne plošče (2 x M 16 vijak). Zgornja središčna razdalja vpetja deluje kot ročica za povečanje stabilnosti gibanja izmetalnega sistema. Rebro–batnica, kakor sem poimenoval to povezovalno ploščo, se po vpeljavi v proizvodnjo izdeluje v treh po višini različnih velikostih, odvisno od orodja, ki ga podpira. Uporaba novosti se je prenesla tudi na ostala orodja, pri katerih se je zaradi starosti in posledično tudi obrabljenosti izmetalnega sistema, pokazala potreba po stabilnosti in simetričnosti izmetavanja.

7 ZAKLJUČEK

Nepovezana predstavitev nekaj izmed mojih predlogov izboljšanja obstoječega stanja orodij napeljuje v razmišljanja, da je potrebno v sami kontinuiteti razvoja orodja izdelka ali procesa vključevati strojnike–orodjarje z občutkom in tudi s kritičnim pogledom na tehniko in tehnologijo. Livarna aluminija kot metalurški obrat lahko ob osnovnih pogojih in ustreznih parametrih proizvodnje dobro funkcionira le ob uporabi pravilno izbranega, izdelanega in primerno vzdrževanega livarskega orodja, pa naj gre za kokilo, jedrovník ali livarsko pripravo – stroj. Opisano je osnovno sredstvo za metalurge, ki ga ni mogoče kar tako spreminjat, je tudi največji finančni izdatek v izvajanju nekega projekta in zato je potrebno s pravim strokovnim pristopom in s potencialom strojniškega razmišljanja, pripeljati do te mere, da bo orodje ob pravilnem tehnološkem postopku zagotavljalo, že v začetku natančno definirane in skladno s pričakovanji izdelane kakovostne izdelke – odlitke. Rešitve, ki se ugotovijo in dopolnijo skozi simulacijo ali v kombinaciji z osebnimi izkušnjami v fazi načrtovanja, so stroškovno gledano bistveno nižja, kot kasneje, ko je orodje že narejeno, kar kaže tudi krivulja stroškov grafikona slike spodaj.



Slika 22: Grafikon stroškov po fazah razvoja

Vir: Lasten

8 UPORABLJENA LITERATURA IN VIRI

8.1 Viri

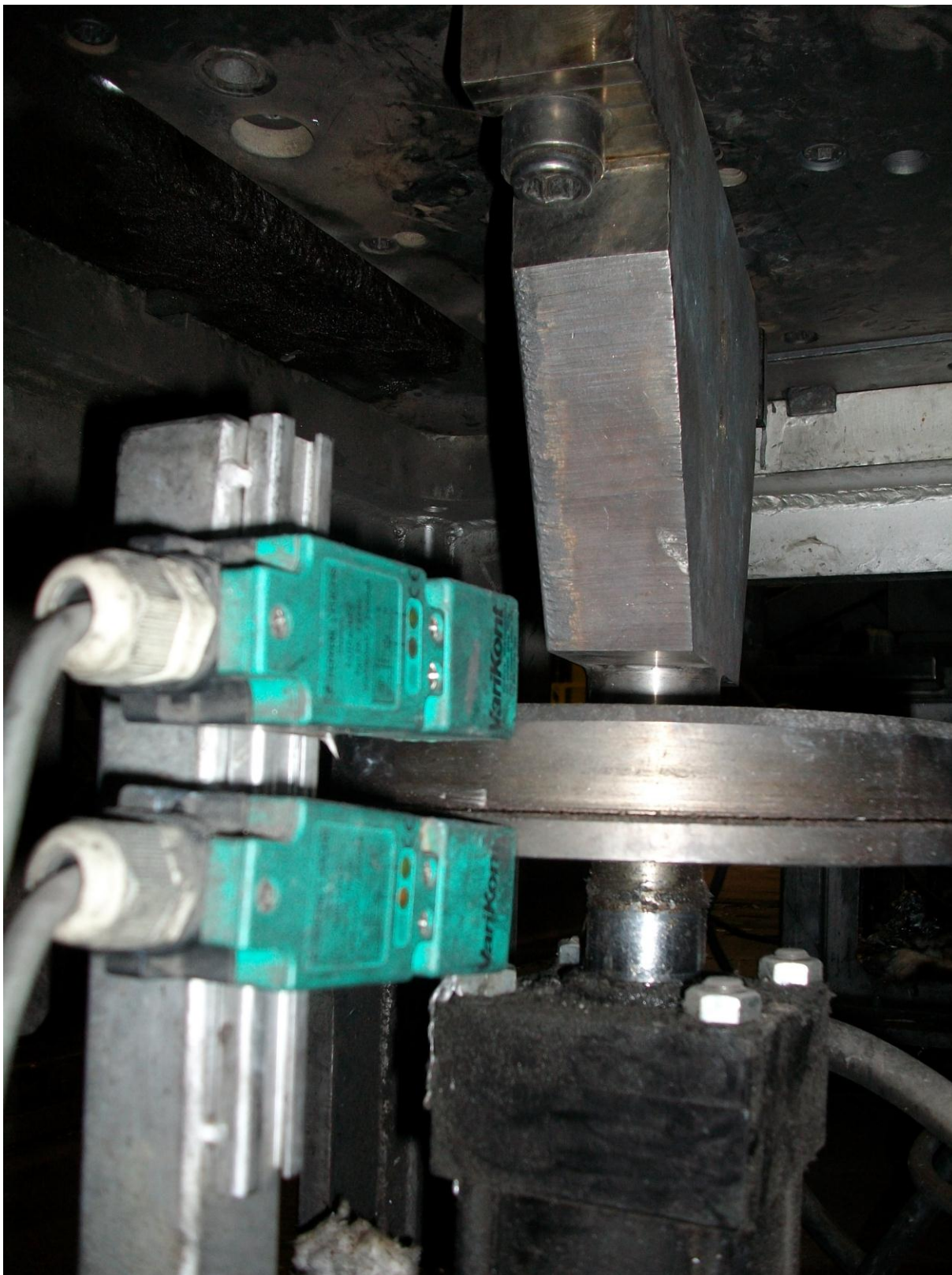
1. FOSECO- kokilni premazi , predstavitveni propagandni material (graf).
2. Gogić, D.: Izdelava in vzdrževanje livarskih orodij za kokilno litje, IRT 3000- 34: avgust 2011, str. 38,39
3. Interno gradivo podjetja.
4. KRAUTOV STROJNIŠKI PRIROČNIK, Ljubljana, Littera picta, 2007.
5. Mehatronika, Ljubljana, Založba Pasadena, 2009.

8.2 Spletni viri

1. <http://m.delo.si/clanek/147911>, 11.4.2012 Orodjarstvo Slovenije

[illegible]

Vir: Lasten



Slika 24: Primer uporabe zavornega bobna in rebra-batnice

Vir: Lasten