

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

Ústav strojírenské technologie

**PROBLEMATIKA OPRAV FOREM PRO
TLAKOVÉ LITÍ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor: Jan Kafka

Studijní obor: Teoretický základ strojírenského inženýrství

Vedoucí práce: Ing. Petr Zikmund

Praha 2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady uvedené v příloženém seznamu.

V Praze dne 19.6.2015

.....

podpis

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu práce Ing. Petru Zikmundovi za všechny rady, které mi poskytl, a čas, který mi s trpělivostí věnoval. Dále bych rád poděkoval všem zaměstnancům firmy TOOLS+ s.r.o., kteří přispěli svou dlouholetou praxí k vypracování této bakalářské práce.

Anotace

Předkládaná bakalářská práce pojednává o problematice oprav forem pro tlakové lití. Úvodní rešerše přibližuje základní používání nástrojových materiálů pro díly, které přijdou do styku s taveninou. Dále se věnuji popisu mechanismů působících poškození funkčních částí nástrojů. Praktická část práce pak poskytuje nahlédnutí do přístupu k opravám v TOOLS+ s.r.o., tj. ve firmě, která má s tímto mnohaleté zkušenosti.

Klíčová slova

opravy forem, tlakové lití, nástrojové materiály, mechanismy poškození

Annotation

This thesis deals with the issue of repairing molds for die casting. Initially, the research aims to show the basic use of tool materials for those parts which come into contact with the melt. Then I would like to describe the mechanisms which are the cause of damaging the functional parts of the tools. The practical part of this thesis gives insight into the practice of dealing with repairs in TOOLS+ s.r.o., a company which has many years of experience with it.

Key words

repairing molds, die casting, tool materials, mechanisms of damaging

Obsah

Úvod.....	7
1. Používané nástrojové materiály a jejich TZ.....	8
1.1. Úvod	8
1.2. BOHLER W302 ISOBLOCK – DIN X40CrMoV5-1.....	9
1.2.1. Charakteristika	9
1.2.2. Tepelné zpracování	9
1.3. UDDEHOLM DIEVAR	10
1.3.1. Charakteristika	10
1.3.2. Tepelné zpracování	10
1.4. BOHLER W400 VMR – DIN X37CrMoV5-1.....	13
1.4.1. Charakteristika	13
1.4.2. Tepelné zpracování	13
1.5. Technologické výrobní podmínky	14
2. Princip vzniku vad a jejich druhy	15
2.1. Úvod	15
2.2. Koroze	15
2.3. Eroze.....	16
2.4. Trhliny a lomy	17
2.4.1. Tepelná únava a trhliny	17
2.4.2. Statické lomy.....	18
3. Rozbor přístupu k opravě nejčastějších vad v nástrojárně.....	19
3.1. Úvod	19
3.2. Navaření poškozených částí	19
3.2.1. Svařování WIG.....	20
3.2.2. Svařování laserem	21
3.3. Vyvaření trhlín a vymletých částí dílů	22
3.4. Oprava poškozených částí vyvločkováním tvaru	23
3.5. Snížení tvaru vložek	24
3.6. Výroba nových dílů	24
3.7. Nové technologie ve výrobě a opravě nástrojů	24
3.7.1. EDM drátové řezačky.....	24

3.7.2. EDM hloubičky	25
Závěr.....	26
Použitá literatura	27

Úvod

Předkládaná práce se zaměřuje na problematiku oprav forem pro tlakové lití. Podnětem ke vzniku této práce byl zájem o tuto problematiku, který ve mně vzbudila dlouholetá praxe ve firmě TOOLS+ s.r.o., zabývající se výrobou forem pro tlakové lití, a snaha odpovědět si na otázku, jsou-li dodržovány předepsané výrobní postupy. Ve vzdělávacím programu jsem se s tlakovým litím setkal pouze okrajově, proto všechny mé poznatky vychází ze zkušeností získaných praxí.

První částí práce je rozebrání vybraných nástrojových materiálů pro práci za tepla, jejich chemické složení, základní charakteristika a tepelné zpracování. Vše bylo čerpáno z katalogů výrobce po konzultaci s vedením firmy TOOLS+ s.r.o. Druhá část se zabývá mechanismy vad nástrojů pro tlakové lití, které jsou následně rozebrány ve třetí kapitole s návrhem řešení opravy.

V práci bych se chtěl zaměřit na několik otázek a faktů, které opravy forem provázejí. V praktické části je ukázáno, že se doporučené výrobní postupy nedodržují v plném rozsahu. Slévárny disponující rezervním nástrojem upřednostňují úplnou opravu vadného kusu mimo vlastní provoz. Ostatní slévárny se však často uchylují k provizornímu řešení, která mají neblahý vliv na trvanlivost forem.

S ohledem na rozsah práce byly vybrány pouze nejčastější opravy včetně jejich řešení. Je nutné podotknout, že výrobci si své výrobní tajemství chrání. Proto by tato práce měla být jakýmsi pohledem do uzavřeného odvětví strojírenství. Každá forma je unikátní a přístup k opravě se tím také liší.

1. Používané nástrojové materiály a jejich TZ

1.1. Úvod

Na nástrojové materiály, které přijdou do styku s taveninou, je kladeno velké množství nároků. Firmy, nebo doslova vzato konstruktéři s letitou praxí, preferují různé materiály dle zkušeností. Každým rokem se nabídka dostupných materiálů zvětšuje, a proto záleží na firmách, jak moc jsou ochotné riskovat použití nového, dle prodejce lepšího materiálu, oproti již vyzkoušenému.

Proti používání nových materiálů jsou i výrobci nástrojů. Nové materiály si žádají i nové parametry obrábění, které jsou od výrobce materiálu nedostačující. Doba, než dojde k plnému odladění parametrů obrábění, se v průměru pohybuje okolo šesti měsíců, což je také období, kdy se na trhu objeví nový materiál, a tak lze položit otázku, zda má cenu investovat do lepšího materiálu.

Nástrojové materiály musí splňovat tyto nároky:

- nízká teplotní roztažnost
- dobrá obrobitelnost
- dobrá prokalitelnost
- vysoká mez pevnosti a kluzu
- dobrá tepelná vodivost
- odolnost nalepování
- rozměrová stálost

Díky těmto požadavkům se zaměřujeme pouze na skupinu nástrojových ocelí pro práci za tepla. V následujících podkapitolách budou přiblíženi základní zástupci od firmy Böhler Uddeholm, která je předním dodavatelem materiálu pro firmu TOOLS+.

1.2. BOHLER W302 ISOBLOCK – DIN X40CrMoV5-1

1.2.1. Charakteristika

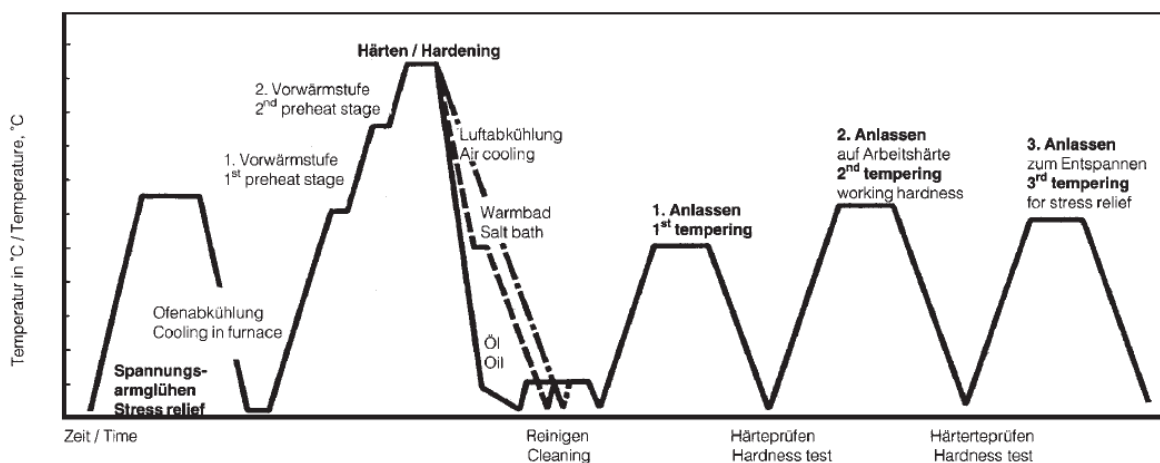
Materiál W302 ISOBLOCK je nejpoužívanější nástrojová ocel pro práci za tepla s velmi dobrými pevnostními vlastnostmi, vysokou odolností proti opotřebení při vysokých teplotách, dobrou houževnatostí a odolností proti opalu. Ocel je elektrostruskově přetavovaná s vyšším stupněm čistoty, což má za následek lepší mechanické vlastnosti[5].

Tab. 1 Chemické složení W302 ISOBLOCK [5]

Chemické složení	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
Obsah prvků [%]	0,39	1,10	0,40	5,20	1,40	0,95

1.2.2. Tepelné zpracování

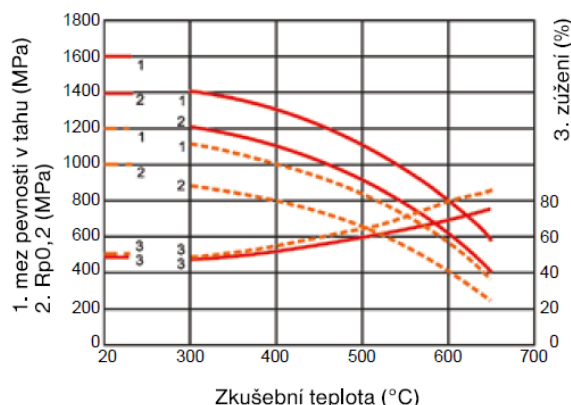
Materiál stupňovitě ohřejeme na austenitizační teplotu 1030 °C, setrváme na teplotě po prohřátí celého průřezu 30 minut, maximálně však 1 hodinu. Jako ochlazovací prostředí slouží olej (52-56 HRC), solná lázeň o teplotě 500-550 °C (52-56 HRC) a vzduch (50-54 HRC). Bezprostředně po kalení a zchladnutí na 60 °C následuje popouštění se třemi ohřevy. První popouštění cca 30 °C nad teplotu maxima sekundární tvrdosti, druhé na pracovní tvrdost – teplota je volena dle požadované tvrdosti – a třetí popouštění na snížení pnutí. Provedeme výdrž teploty na teplotě popouštění 1 hodinu na každých 20 mm tloušťky, nejméně však 2 hodiny, následuje chladnutí na vzduchu [6],[7].



Obr. 1 Proces tepelného zpracování W302 ISOBLOCK [7]

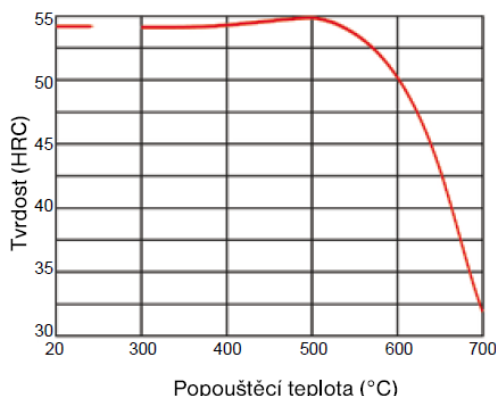
Diagram meze pevnosti při zvýšených teplotách

zušlechtné na 1600 MPa —————
 zušlechtné na 1200 MPa - - - - -



Popouštěcí diagram BÖHLER W302

kalící teplota 1050 °C
 průřez zkušební vzorku: čtyřhran 50 mm



Obr. 2 Diagram meze pevnosti a popouštěcí diagram pro W302 ISOBLOCK [5]

1.3. UDDEHOLM DIEVAR

1.3.1. Charakteristika

DIEVAR je Cr-Mo-V legovaná ocel pro práci za tepla s vysokou odolností proti vzniku trhlin a prasklin z tepelné únavy a s vysokou odolností proti opotřebení a plastické deformaci za tepla. Materiál se vyznačuje vynikající houževnatostí a tažností ve všech směrech, vysokou odolností proti popouštění, vysokou pevností za tepla a velmi dobrou kalitelností. DIEVAR je nově vyvinutá speciální ocel, k jejíž výrobě jsou použity speciální postupy elektrostruskového přetavování a vakuování. Tato ocel je patentově chráněna [4],[8].

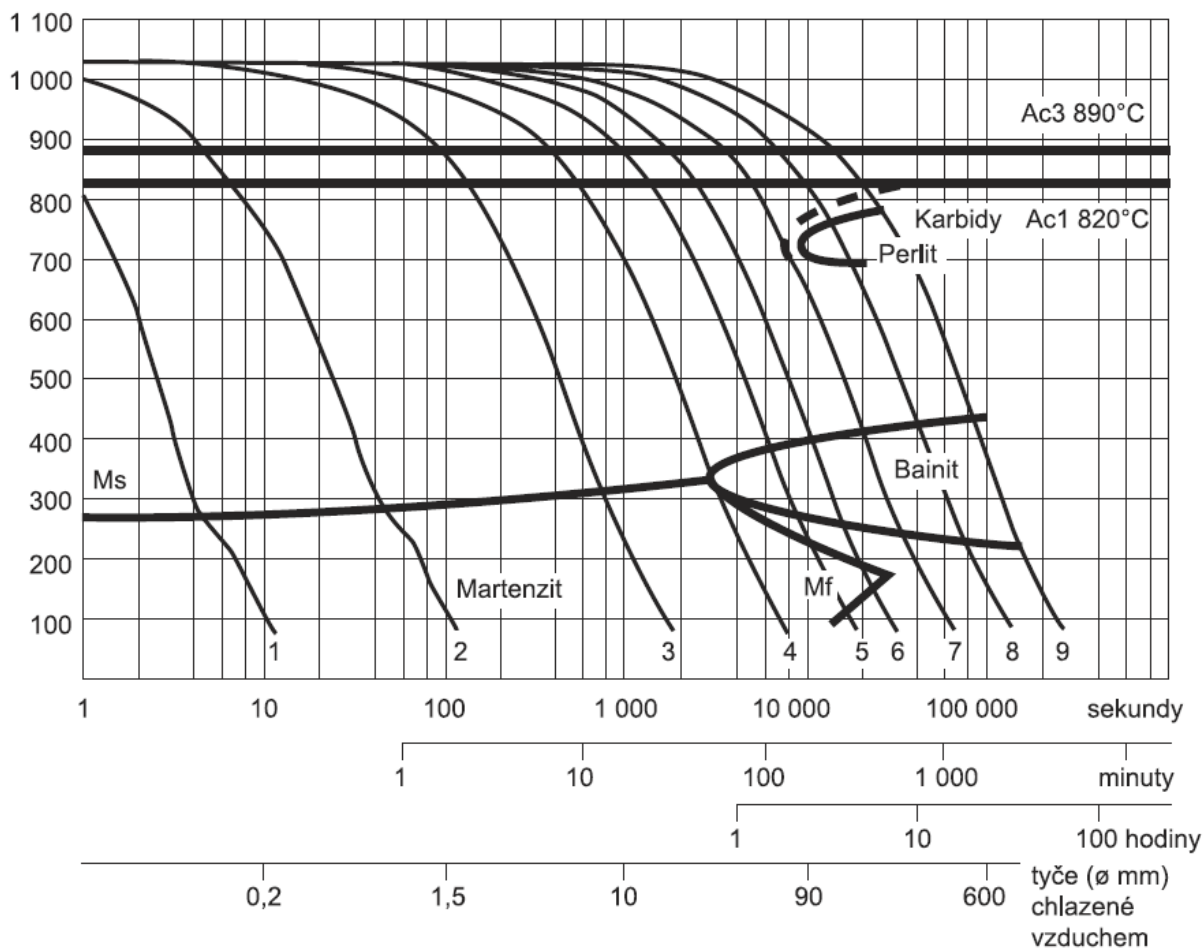
Tab. 2 Chemické složení DIEVAR[8]

Chemické složení	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
Obsah prvků [%]	0,35	0,20	0,50	5,00	2,5	0,6

1.3.2. Tepelné zpracování

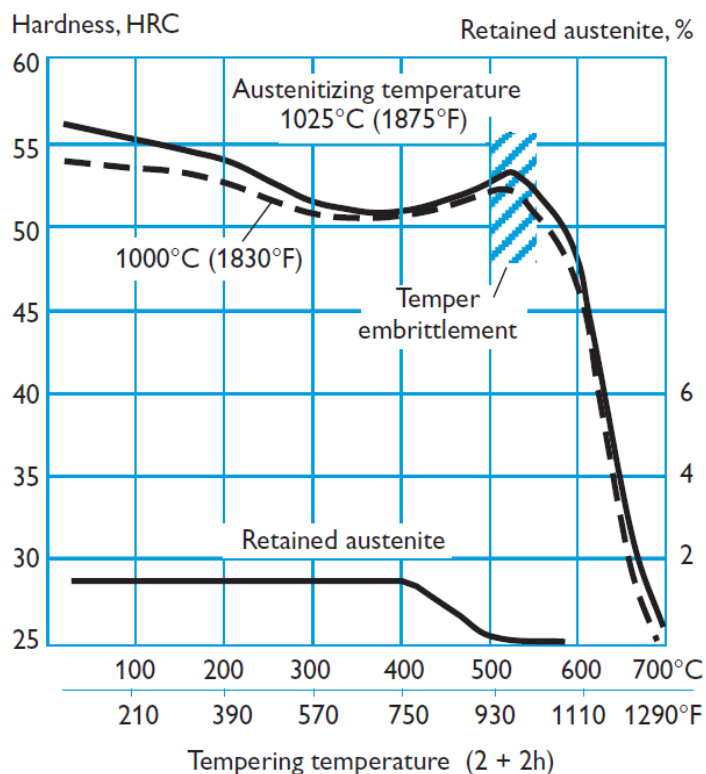
Materiál stupňovitě ohřejeme na austenitizační teplotu 1000-1030 °C, setrváme na teplotě po prohřátí celého průřezu 30 minut. Ochlazení by mělo být tak rychlé, jak je to jen možné. Nejrychlejší ochlazování je vhodné k optimalizaci vlastností nástroje, především houževnatosti a odolnosti proti tvoření trhlin, ale zároveň musí být brána v úvahu nadměrná

deformace a riziko prasknutí. Jako chladicí média se používají inertní plyn, proud vzduchu, vakuum, solná lázeň a teplý olej. Chladicí média by měla být schopná vytvořit martenzitickou strukturu v celém objemu nástroje [8].



Obr. 3 ARA diagram pro DIEVAR, austenitizační teplota 1025 °C [8]

Při ochlazení na teplotu 50-70 °C následuje popouštění se třemi ohřevy. Teplotu popouštění volíme z popouštěcího diagramu. Provedeme výdrž na teplotě hodinu na 20 mm tloušťky, avšak minimálně 2 hodiny [8].



Obr. 4 Popouštěcí diagram pro DIEVAR[9]

Mezi objemným hrubováním a jemným dokončováním před kalením je doporučeno zařadit žihání na odstranění vnitřního pnutí. DIEVAR je vhodný k chemicko-tepelnému zpracování. Nitridování vytvoří tvrdou povrchovou vrstvu, která zlepšuje odolnost proti opotřebení, nalepování a rovněž odolnost proti vzniku povrchových trhlinek. Teplota nitridace musí být minimálně o 50 °C nižší, než je nejvyšší předchozí popouštěcí teplota. Při nedodržení teploty hrozí ztráta tvrdosti v jádře [8].

Tab. 3 Chemicko-tepelné zpracování DIEVAR[8]

Proces	Čas [hod]	Hloubka [mm]	Tvrđost [HV _{0,2}]
Nitridace v plynu při 510°C	10	0,16	1000
	30	0,22	1000
Plazmová nitridace při 480°C	10	0,15	1000
Nitrocementace			
	-v plynu při 580°C	2	0,13
-v solné lázni při 580°C	1	0,08	900

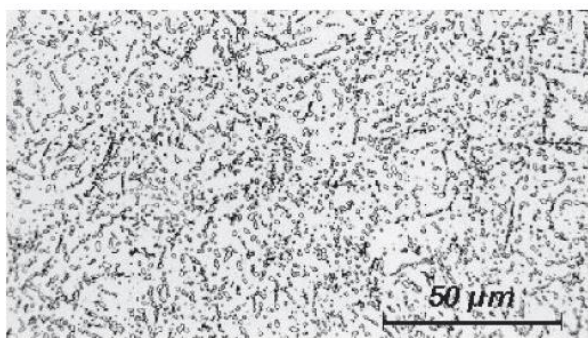
1.4. BOHLER W400 VMR – DIN X37CrMoV5-1

1.4.1. Charakteristika

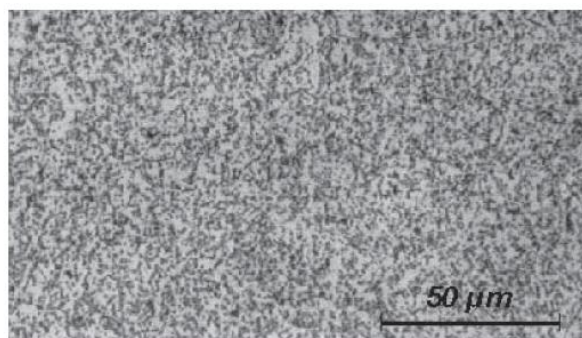
Ocel BOHLER W400 VMR se vyznačuje příznivou mikro a makrostrukturou s nejvyšším stupněm čistoty, nepatrným obsahem vycezenin a mikronečistot, díky vyvážené kombinaci chemického složení a postupu výroby vakuovou metalurgií. Ocel W400 VMR se vyznačuje vysokou rozměrovou stálostí při tepelném zpracování ve vakuu a dobrou obrobiteľnosť. Vysoká houževnatost umožňuje dosáhnout vyšší pracovní tvrdosti, čímž se zpomaluje tvorba tepelných trhlin a prodlužuje se životnost nástroje [10].

Tab. 3 Chemické složení W400 VMR[10]

Chemické složení	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
Obsah prvků [%]	0,35	0,20	0,50	5,00	2,5	0,6



Gefüge nach dem Weichglühen – Standardqualität /
Microstructure after soft annealing – Standard quality

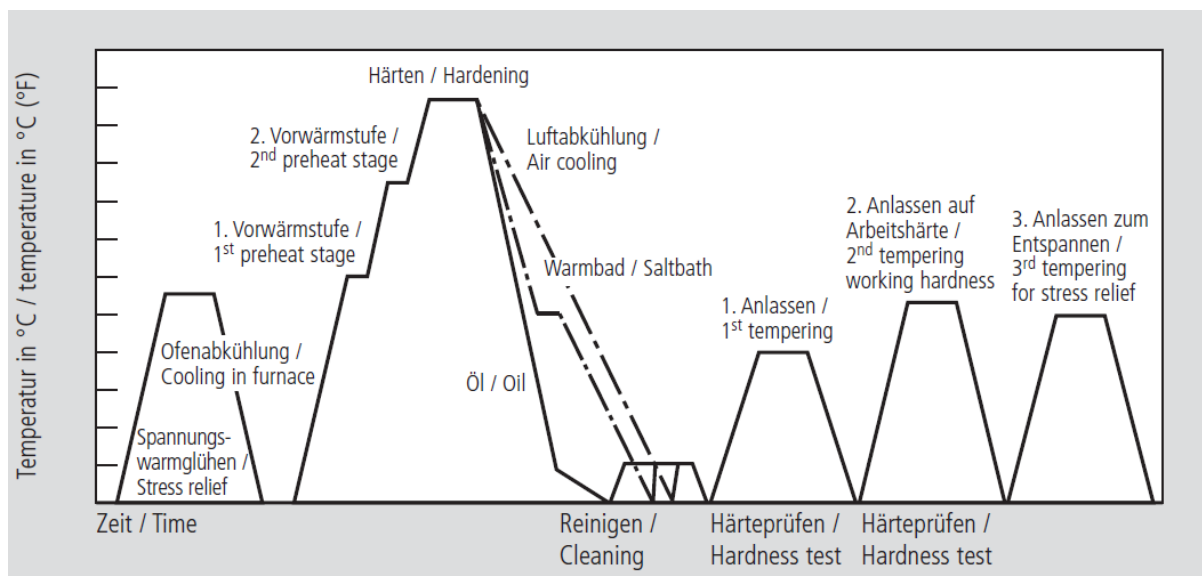


Gefüge nach dem Weichglühen – VMR (VLBO)-Qualität /
Microstructure after soft annealing – VMR (VAR) quality

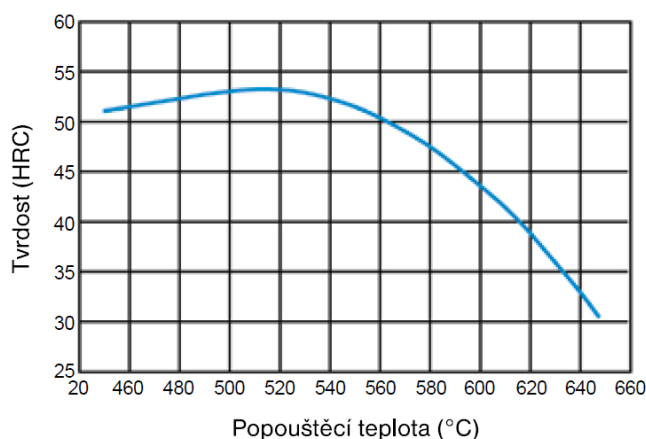
Obr. 5 Srovnání struktury W400 Standart a W400 VMR [11]

1.4.2. Tepelné zpracování

Materiál stupňovitě ohřejeme na austenitizační teplotu 980-990 °C, k zabránění zhrubnutí zrna je nutné dodržet předepsanou austenitizační teplotu a výdrž na teplotě po prohřátí jádra materiálu 15 až 30 minut. Jako ochlazovací prostředí se používá olej (52-54 HRC), solná lázeň o teplotě 500-550 °C (52-54 HRC) a vakuum s následným ochlazením plynem (50-53 HRC). Při ochlazení na teplotu 50-70 °C následuje popouštění se třemi ohřevy. Teplotu popouštění volíme z popouštěcího diagramu. Provedeme výdrž na teplotě hodinu na 20 mm tloušťky, avšak minimálně 2 hodiny [10].



Obr. 6 Proces tepelného zpracování W400 VMR [11]



Obr. 7 Popouštěcí diagram pro W400 VMR [10]

1.5. Technologické výrobní podmínky

Nástroje pro lití slitin hliníku a hořčíku se obvykle zušlechťují na 48-50 HRC. S tepelným zpracováním se pojí několik výrobních podmínek, ať už kvůli tepelné deformaci, nebo počtu vrubů. V praxi to znamená počítat s přírůstkem 0,2 mm na plochu a více u obvodových rozměrů podle velikosti vložek. Tvarové plochy se obrábějí s přírůstkem 0,5-0,7 mm na plochu. Díry ve vložkách by od sebe měly být vzdálené minimálně 2D. Dalším požadavkem je také minimální velikost frézy před tepelným zpracováním.

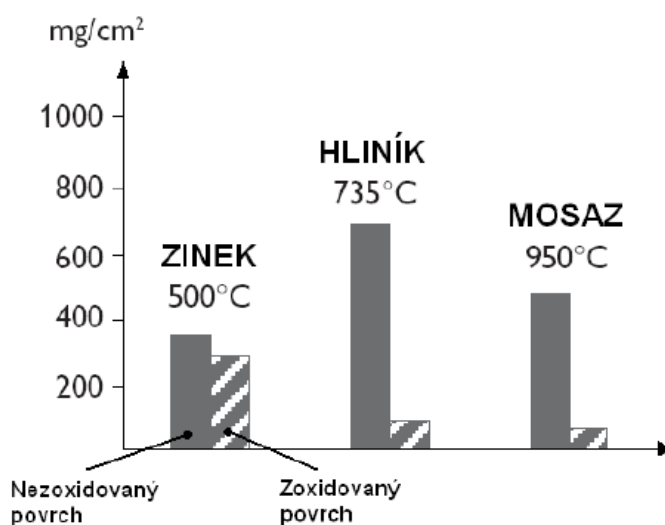
2. Princip vzniku vad a jejich druhy

2.1. Úvod

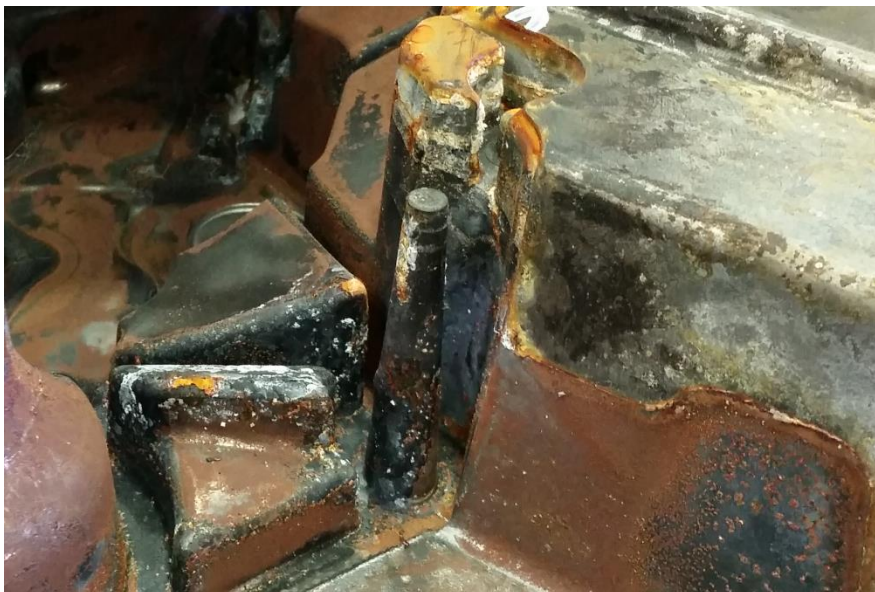
Za dobu životnosti nástroje je forma vystavována několika druhům vlivů, které vedou ke vzniku vad. Lící operace začíná temperováním formy, což je ohřátí na 250-300 °C pro lití lehkých kovů. Po dobu lití se forma zahřívá (teplota tavení slitin hliníku se pohybuje okolo 660 °C), proto musíme chlazením udržovat teplotu přibližně stejnou jako zvolenou teplotu temperování, aby se zabránilo výrazným změnám teploty formy. Při pravidelné údržbě musíme nechat formu postupně vychladnout. K rychlému ochlazení nesmí dojít, jinak vzniknout trhliny [12].

2.2. Koroze

Mezi faktory ovlivňující korozi řadíme teplotu odlévaného materiálu, chemické složení odlévaného materiálu, provedení formy a povrchovou úpravu[9]. V poslední době se používají povrchové úpravy dílů, a to převážně jader (nejvíce namáhaná část formy), zvyšuje. Díky povrchové úpravě nedochází k nalepování odlévaného kovu, a odpadá tak potřeba mechanického a hlavně chemického čištění. Životnost jader lze zvýšit například až na pětinasobek. Povrchové úpravy dosahují tvrdosti okolo 3500 HV s tloušťkou 3 μm [13].



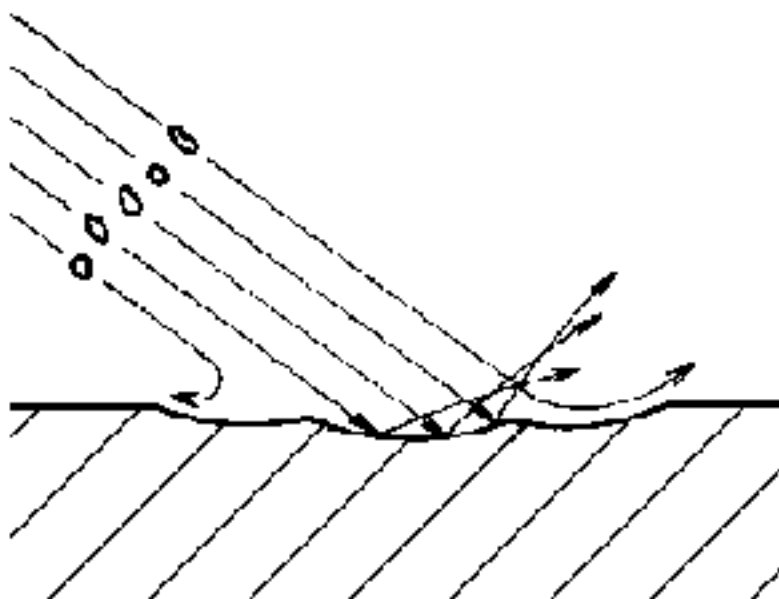
Obr. 8 Úbytek materiálu vlivem koroze [13]



Obr. 9 Detail koroze na pevné vložce

2.3. Eroze

Eroze je děj, při kterém dochází k vymílání základního materiálu, vlivem proudící nebo dopadající taveniny [3]. Mezi hlavní vlivy na vznik erozivního oděru řadíme rychlost proudění taveniny, teplotu tekutého kovu a chemické složení litého materiálu a materiálu formy. Jako kritická rychlost proudění taveniny ve formě je vnímána rychlost přesahující 55 m/s [13].

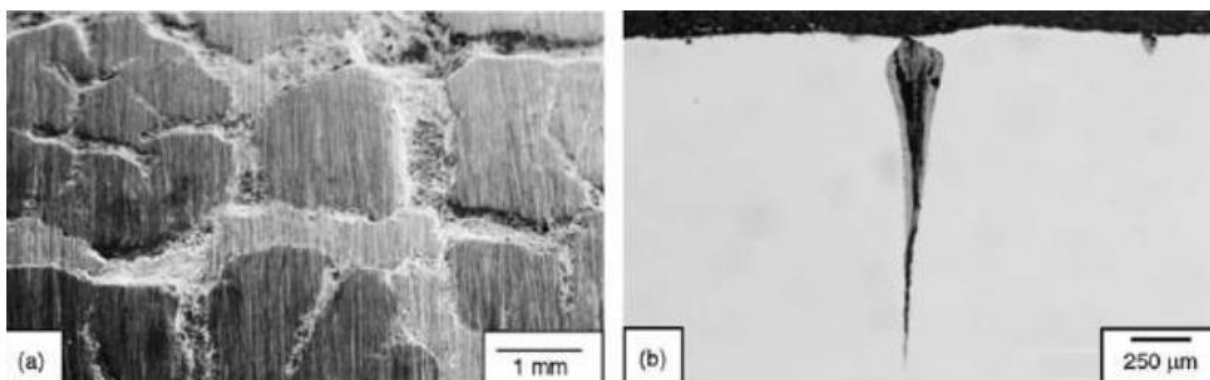


Obr. 10 Princip vzniku eroze [13]

2.4. Trhliny a lomy

2.4.1. Tepelná únava a trhliny

Ke vzniku tepelné únavy a trhlin materiálu vede špatný teplotní cyklus nástroje v závislosti na základních vlastnostech materiálu a tvary s velkou koncentrací napětí [1]. Teplotním cyklem rozumíme správně nastavenou teplotu temperace, čas výdrže na teplotním maximu a rychlost ochlazování. K návrhu chlazení se u tvarově jednoduchých vložek přistupuje empiricky, u složitějších lze využít počítačovou simulaci. Vše probíhá v návaznosti na vlastnosti použitého materiálu, jakými jsou měrná tepelná kapacita, tepelná vodivost, mez kluzu, mez tečení a tažnost. Dalším již zmíněným problémem jsou koncentrátoři napětí, v podobě děr, ostrých hran, malých rádiusů a zkosení ve tvaru odlitku a také drsnost povrchu [13].



Obr. 11 Příklad tepelných trhlin (a) detail povrchu, (b) příčný řez – leštěno [13]



Obr. 12 Celkový pohled [13]

2.4.2. Statické lomy

Statické lomy dělíme na křehké a tvárné. U forem pro tlakové lití se setkáváme hlavně s křehkým lomem. Pokud je materiál zušlechtěn na vyšší pevnost, rychleji se u něj vyčerpají plastické deformace, takže se ocel rychleji zpevní a dosáhne tak křehké pevnosti, což se projeví výskytem trhlinek. Za trhlinu považujeme porušení materiálu v části průřezu, za lom pak v celém průřezu. Lomu tělesa předchází šíření trhlín. Při použití vhodné povrchové úpravy, může být forma popuštěna na nižší pevnost, čímž se sníží mez kluzu, podíl plastických deformací bude větší a výskyt trhlinek se zmenší [13].



Obr. 13 Detail trhlinek na pevné vložce

3. Rozbor přístupu k opravě nejčastějších vad v nástrojárně

3.1. Úvod

Technologický postup renovace má několik bodů. Nejprve je třeba zanalyzovat problém a navrhnout možnost řešení. Pro opravy nástrojů se volí vždy nejvhodnější metoda, závislá na charakteru závady, pracovních podmínkách, konstrukci, materiálu, tepelném zpracování, úspornosti postupu a dostupném zařízení. Po zvolení metody opravy musíme detailně rozpracovat technologický postup a následně po opravě musíme provést kontrolu opravovaného kusu [13].

Základní renovace nástrojů dělíme na:

- navaření poškozených částí
- vyvaření prasklin a vymletých částí dílů
- opravu poškozených částí vyvločkováním tvaru
- snížení tvaru vložek (obrobení poškozené povrchové vrstvy)
- výrobu nových poškozených dílů
- opravu dílů povrchovou úpravou – žárové stříkání
- zotavení pomocí CPT [2]

V následujících podkapitolách budou přiblíženy nejčastější opravy, které firma TOOLS+ s.r.o. řeší. V pohledu na následující problémy se vychází z mnohaletých zkušeností zaměstnanců firmy, takže může dojít k rozporu s výrobcí materiálů, experty na svařování a výrobu forem. Firma všechny operace týkající se svařování a tepelné úpravy provádí jako kooperace.

3.2. Navaření poškozených částí

Při vyčerpání plastických deformací dojde k lomu, který vede k trvalému poškození tvaru vložky. Podle velikosti ulomeného materiálu musíme zvážit způsob navaření nového materiálu. U objemově malých úlomků se používá pouze jeden přídavný materiál pro svařování. U objemově větších se používá více materiálů o různých tvrdostech.

Potřebujeme zajistit, aby jádro bylo houževnaté a povrch tvrdý, proto se volí dva materiály o různých tvrdostech. Podle velikosti návarů volíme mezi svařováním laserem a WIG.



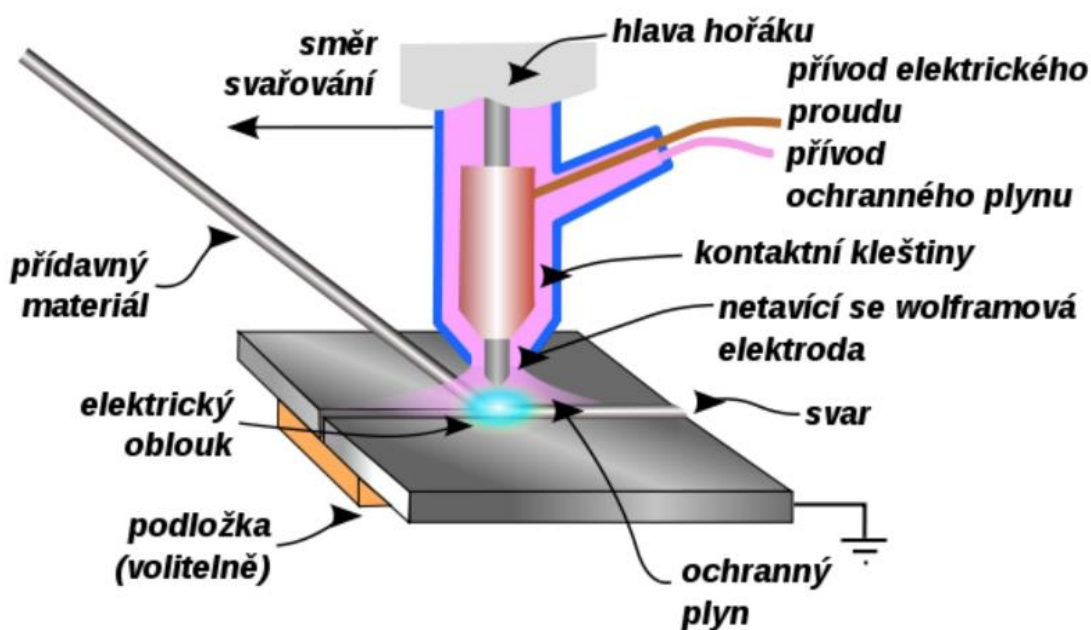
Obr. 14 Proces opravy - navaření dvou sloupků

Během analyzování této vady jsme došli k závěru, že jádro sloupku ztratilo své plastické vlastnosti vlivem své velikosti k celé vložce při tepelném zpracování. Vložka odlila zhruba 20 000 odlitků. Návrh opravy byl vyřešen navařením dvou materiálů pomocí svařování WIG. Aby se zajistila houževnatost jádra, byl použit drát Bohler UTP A 702 s tvrdostí 32 HRC, na povrch sloupků se pak použil drát Bohler UTP A73 G3 s tvrdostí 45 HRC. Následovalo obrobení do původního stavu, bez tepelného zpracování. Forma má už po opravě nalito 50 000 odlitků, bez opakování stejného problému.

3.2.1. Svařování WIG

Svařování Wolframovou netavící se elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu. WIG je nejvíce používaný typ svařování při opravě forem, díky možnosti výborné kontroly nad svarovou lázní lze zhotovit velmi kvalitní návary. Tím, že na rozdíl od jiných metod

při svařování elektrickým obloukem nedochází k neustálému přísunu přídavného materiálu, může svářeč kontrolovat svarovou lázeň. Produktivita svařování WIG je malá, záleží hlavně na kvalitě provedení svaru. Díky vysoké teplotě oblouku (okolo 9000 °C) je možno svařovat nástrojové materiály za cenu vyššího propalu legujících prvků. Zároveň je teplotní pole velmi úzké, a nedochází proto k tepelnému ovlivnění základního materiálu v tak širokém pásmu okolo svaru a naopak je možné dosáhnout velké hloubky závaru[10].

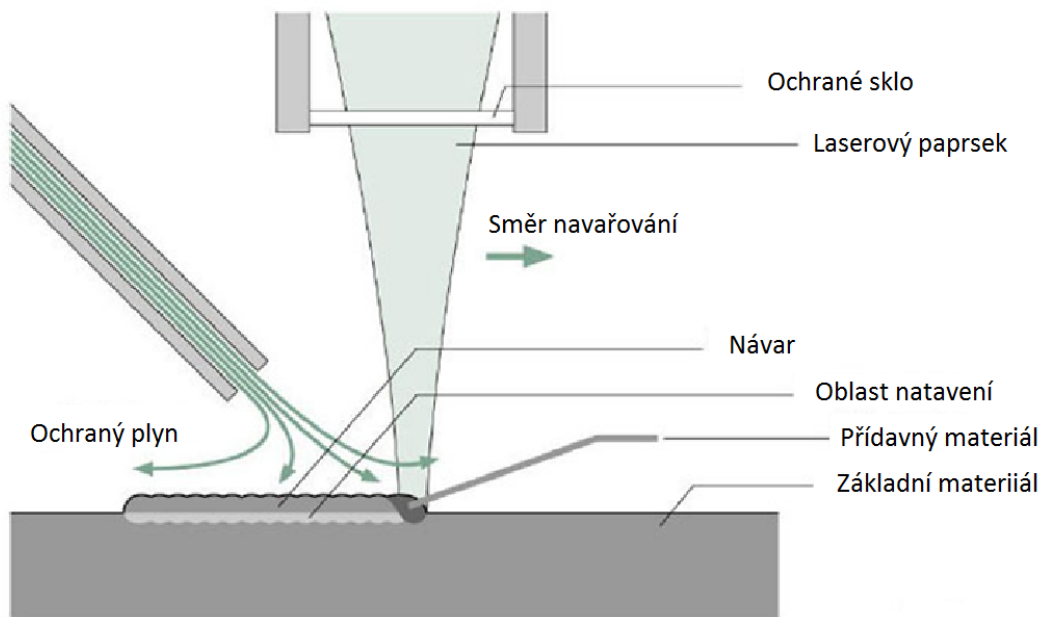


Obr. 15 Princip svařování WIG [14]

Přídavný materiál volíme dle katalogu výrobce i s uvedenými parametry předehřevu a dohřevu. Výhodou u firmy Bohler je její zaměření i na svařovací elektrody a dráty, takže lze vzhledem k našemu materiálu dohledat vhodnost svařovacího drátu.

3.2.2. Svařování laserem

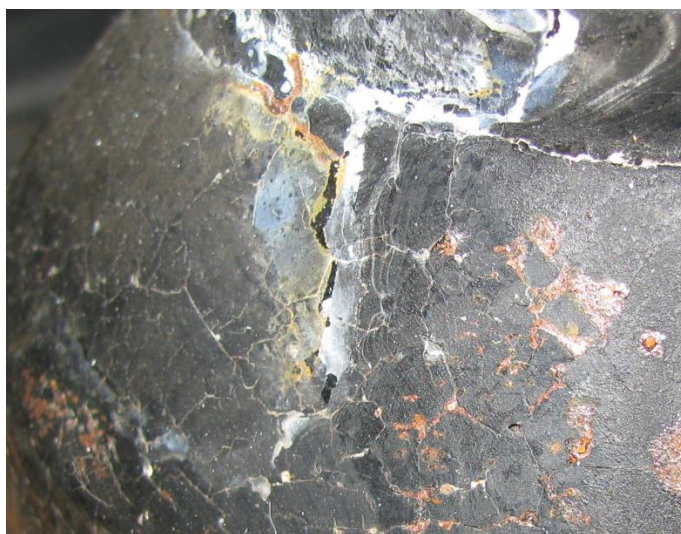
Jedná se o nejšetrnější používaný způsob navařování. Díky malému vstupu energie na jednotku délky jsou výsledkem malé deformace, malé zbytkové vnitřní pnutí a malé tepelně ovlivněné pásmo. Laser je schopný vytvořit hluboký a úzký svar. Z praktického hlediska laser používáme na navaření objemově malých úlomků, jakými jsou například hrany ve tvaru vložky a podobné.



Obr. 16 Princip svařování laserem [13]

3.3. Vyvaření trhlin a vymletých částí dílů

Výslednému lomu předchází tvorba trhlin. Po analyzování rozsáhlosti trhliny následuje výbrus až do kořene trhliny a důkladné vyčištění kořene. Technologii svařování volíme WIG s drátem Bohler UTP A73 G3. Díky kontrole svarové lázně jsme schopni provařit trhlínu až do jejího kořene. Předehřev ani dohřev se nepoužívá, necháváme volně zchladnout. Poté dojde k přebrobení na původní tvar.



Obr. 17 Trhlina před výbrusem

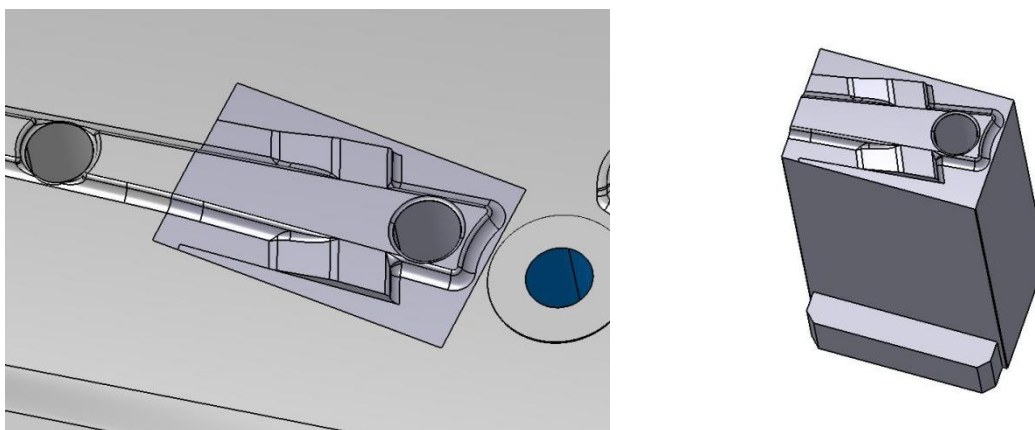
U vymletých částí je postup prakticky totožný až na to, že výbrus provádíme pouze jako očištění a přípravu plochy pro návar. Další častým problémem, se kterým se mnohdy setkáváme, je vymačkání dělicí roviny. Při nepravidelném čištění formy se nalepuje hliník na vložky většinou v blízkosti vtokové soustavy a vymačkává tak tvar do plochy dělicí roviny.



Obr. 18 Vyvaření dělicí roviny a vymleté části vložky

3.4. Oprava poškozených částí vyvložkováním tvaru

Tento způsob opravy se používá zejména tehdy, když si vlastník nástroje nepřeje svařování jako druh opravné operace vložek. Tvar vložky, který je třeba opravit, se vyřeže na drátové řezačce v toleranci 0,01 mm, a následně z dolní strany vložky vyfrézujeme volné zahloubení s přesnou hloubkou. Vkládací vložku pak pouze posadíme do vložky a přitáhneme k rámu přes velkou vložku.



Obr. 19 Model vyvložkování pohyblivé vložky

3.5. Snížení tvaru vložek

U rozsáhleji poškozených vložek se snížení tvaru jeví jako nejlepší možnost, namísto složitějšího navařování tvaru. Vložky se přebrobí z pravidla v rozsahu 0,5 – 5 mm. Do rámu se vyrobí podložky k vyrovnání rozdílu předchozí výšky. Následuje převrtání bočních děr v rámu pro chlazení a temperaci. Tato oprava je časově náročná a moc často se nepoužívá.

3.6. Výroba nových dílů

Pro výrobu nových dílů se rozhoduje zákazník po analyzování stavu nástroje, pokud už je nástroj na hranici životnosti. Jako první je většinou potřeba vyrobiť nová jádra, nebo v opačném případě zákazník objednává jádra do zásoby. U dosažení destruktivního stavu vložek, zejména pokud trhliny proniknou až ke chlazení, nám nezůstává jiná možnost. V praxi slévárny vyřadí chladicí okruh, aby „nabouchali“ ještě několik kusů, což vede k úplnému poškození vložky. Někteří zákazníci opravy u výrobců neřeší a opravují tzv. na koleně, což dojde do stavu, kdy nástroj potřebuje rozsáhlou opravu. Místo opravy pak následuje výroba nových vnitřností formy. Proto se setkáváme s rámy, které mají nalito přes 500 000 kusů odlitků, a měníme jenom vložky, které zpravidla vydrží okolo 120 000 kusů odlitků.

3.7. Nové technologie ve výrobě a opravě nástrojů

Vyšší nároky na přesnost a složitější tvary vedou k nutnosti používání nových technologií. Firmy, které nedisponují 5-osými obráběcími stroji, EDM drátovými řezačkami a EDM hloubičkami, nemají mnoho šancí dosáhnout na požadavky trhu.

3.7.1. EDM drátové řezačky

EDM drátové řezačky charakterizuje vysoká přesnost řezání, velmi dobrá kvalita povrchu a možnost řezat širokou škálou materiálu. V praxi se používá zejména na řezání kontur složitých jader, kde by obrábění nebylo možné, nebo by bylo velmi složité. Ve firmě TOOLS+ používáme drátovou řezačku k řezání vodících děr pro vyhazovače. Mezi hlavní důvody použití řezání drátem, namísto třískového obrábění, patří válcovitost vytvořených děr,

velmi dobrý povrch, vysoká přesnost a možnost zařazení operace jako poslední na vložce. Při jakémkoliv jiném třískovém obrábění, ať už vystružování, nebo vyvrtávání vyvrtávací hlavou, dochází ke kuželovitosti děr. Během výroby se stávalo, že při konečném leštění tvaru se zleštila i důležitá hrana u díry, která vede vyhazovač, takže se poté na odlitku objevil negativ v podobě miniaturního kroužku. Tím, že zařadíme řezání děr až jako poslední operaci po leštění, máme zaručeno, že hrana bude dokonale ostrá.

3.7.2. EDM hloubičky

Při absenci 5-osých obráběcích center je hloubička jediná možnost, jak vyrobit složité tvarové plochy ve velkých hloubkách od horní hrany obrobku. Elektrody, většinou grafitové, obrábíme jako negativy požadovaného tvaru, s určitou vůlí. Hloubička vykonává velmi malý kmitavý pohyb v řádech desetin milimetru. V praxi si představme žebro vysoké 200 mm, hluboké u konce 50 mm, zblíhající se k 1 mm. Problém v obrábění by kvůli velikosti vložky nastal i na 5-osém stroji. Nelze obrábět žádným nástrojem 1 mm vertikálně v hloubce 200 mm, proto vytvoříme elektrodu a následně tvar vypálíme. Dosahujeme velmi dobré kvality povrchu a operaci zařazujeme až po zušlechťování a následném opracování vložky na čisto. Elektrody se dělají v páru hrubovací a na čisto. Hrubovací elektroda se dělá většinou s vůlí 0,4 mm na plochu.



Obr. 20 EDM drátová řezačka a EDM hloubička

Závěr

Při konzultaci jsem se setkal s několika úhly pohledu, a to hlavně z hlediska praxe, která se s teorií v mnohém rozchází. Přístup k dané problematice by se určitě lišil z pohledu jiné firmy. Firma TOOLS+ samostatně funguje od roku 2001. Firma garantuje každému nástroji 100 000 odlitků. Jako jedna z mála v republice je s to vyrobit formu, která je hned schopná po prvních zkouškách odlévat bez problému. Jiný pohled na opravy nabízejí firmy s méně zkušenými zaměstnanci, u kterých se předpokládá řešení více problémů s následnými opravami.

V průběhu mé práce pro nástrojárnu TOOLS+ jsem se nesešel se situací, kdy by slévárna záměrně uspěchala opravu poškozené vložky k urychlení návratu k běžnému provozu. Převážně asi proto, že TOOLS+ vyrábí nástroje pro velké firmy, kde se klade velký důraz na kvalitu odlitků. Například firmy jako Škoda AUTO a.s. vlastní více nástrojů, takže nástroj pouze sundají a nasadí nový. Vadný je poslán na opravu, zatímco už odlévají další kusy.

V porovnání s předepsaným teoretickým technologickým postupem opravy je praxe zásadně odlišná. Ačkoli je dodavatelem svařovacího drátu předepsán přehřev materiálu při opravě vložek, ve výrobě se tento postup nepoužívá. Materiály se svařují za pokojové teploty, hlavně díky WIG, kde lze mít dokonalou kontrolu nad svarovou lázní. Přehřev se používal u starších metod, například při svařování obalenou elektrodou, tato metoda oprav však pomalu vymizela. Výjimkou je Škoda AUTO a.s., kde se vše dělá postaru - firma není ochotná zkoušet nové postupy. V tomto je dosti ortodoxní. Ohledně nepoužívání přehřevu u svařování WIG jsem dospěl k názoru, že rozdíl v počtu nalitých kusů je minimální, nebo žádný. Negativní odezva na kvalitu oprav ve firmě TOOLS+ je minimální, lépe řečeno žádná, což svědčí o vysoké kvalitě provedené práce.

Použitá literatura

- [1] KOSEC, B., KOSEC, G., SOKOVIC, M., Temperature field and failure analysis of die-casting die, International Scientific Journal, 2007, Vol.28, Issue 3, s. 182-187
- [2] ZHAO, Y., LIANG, Y., ZHOU, W., QIN, Q., JIANG, Q., Effect of a Current pulse on the thermal fatigue behavior of cast hot work die steel. ISIJ International, 2005, Vol. 45, No.3, s. 410-412
- [3] SHIVPURI, R., M. YU, K. VENKATESAN a Y. -L CHU. A study of erosion in die casting dies by a multiple pin accelerated erosion test. Journal of Materials Engineering and Performance [online]. 1995, 4(2), s. 145-153
- [4] HERMAN, Aleš, ZIKMUND, Petr, STUNOVÁ, Barbora. Nástrojové materiály UDDEHOLM pro tlakové lití, Výzkumná zpráva U12133/2009/001, vydána ČVUT v Praze, Fakultě strojní, Ústav strojírenské technologie, Praha, červenec 2009
- [5] BOHLER UDDEHOLM. BOHLER: Katalog W302 [online]. [cit. 2015-05-30]. Dostupné z: <http://www.bohler.cz/czech/files/downloads/W302.pdf>
- [6] BOHLER UDDEHOLM. BOHLER: W302 ISOBLOC® Data Sheet [online]. [cit. 2015-06-03]. Dostupné z: http://www.bucorp.com/media/BOHLER_W302ISOBLOC.pdf
- [7] BOHLER UDDEHOLM. BOHLER: W302 ISOBLOC® Heat Treatment [online]. [cit. 2015-06-03]. Dostupné z: http://www.bucorp.com/media/W302_ISOBLOC_HTR_Rev_Oct17_2006.pdf
- [8] BOHLER UDDEHOLM. UDDEHOLM: Katalog DIEVAR [online]. [cit. 2015-06-03]. Dostupné z: <http://www.uddeholm.cz/czech/files/dievar.pdf>
- [9] BOHLER UDDEHOLM. UDDEHOLM: Katalog DIEVAR [online]. [cit. 2015-06-03]. Dostupné z: <http://www.uddeholm.com/files/dievar-english.pdf>

[10] BOHLER UDDEHOLM. BOHLER: Katalog W400 VMR [online]. [cit. 2015-06-03].
Dostupné z: <http://www.bohler.cz/czech/files/downloads/W400.pdf>

[11] BOHLER UDDEHOLM. BOHLER: Katalog W400 VMR [online]. [cit. 2015-06-03].
Dostupné z: http://www.bucorp.com/media/BOHLER_W400VMR.pdf

[12] BOHLER UDDEHOLM. BOHLER: Ošetření a údržba forem pro tlakové lití [online].
[cit. 2015-06-03]. Dostupné z: http://www.bohler.cz/czech/files/tlakove_liti.pdf

[13] HERMAN, Aleš. Studijní podklady: Opravy forem pro TL. Praha, 2014.

[14] SVARINFO.CZ, Magazín praktického svařování: TIG svařování I - základní principy
[online]. 2009. [cit. 2015-06-12].
Dostupné z: <http://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cisloclanku=2008011702>