

Provoz, údržba a opravy vstřikovacích forem

Lubomír Zeman

1. Úvod

Úspěšnost v oblasti výroby výstřiků z termoplastů je stále více závislá na naší schopnosti rychle a ekonomicky reagovat na specifické požadavky, zejména kvalitativní, zákazníků a to při stálém tlaku na cenu výstřiků.

Na ceně výstřiku se obvykle z více než 50 % podílí pořizovací cena příslušné vstřikovací formy, náklady na její skladování, údržbu, opravy a repase. Z tohoto pohledu ne vždy platí, že nižší vstupní pořizovací cena formy má přímo úměrný vliv na nižší cenu výstřiku. Uvedené zejména platí pro pořízení si vstřikovací formy od výrobců z Dálného východu.

I když řada vstřikoven sama formy nevyrábí a pracuje pouze se zákaznickými formami, mohou pracovníci takových výrobců výstřiků z termoplastů, stejně jako pracovníci firem s nástrojárnou, se znalostí zásad konstrukce vstřikovacích forem, vlastností materiálů z nichž jsou jednotlivé díly forem vyráběny, se znalostí zásad správné údržby forem, se znalostí aktuálních trendů v oblasti údržby forem významně snížit náklady na údržbu, prodloužit dobu periody mezi plánovanou preventivní údržbou, prodloužit životní cyklus formy a omezit vznik a výskyt výrobních vad výstřiků souvisejících s konstrukcí a provedením vstřikovací formy a tím zvýšit kredit a konkurenceschopnost příslušné firmy na tvrdém trhu vstřikování výstřiků.

Vždy je nutno mít na paměti, že

Cena formy se stanoví až v okamžiku, kdy jde forma do šrotu

Na provoz, údržbu a opravy vstřikovacích forem má výrazný vliv:

- **konstrukce výstřiku** – pro minimalizaci možných problémů s formou musí konstrukce výstřiku odpovídat zásadám konstrukce výstřiků z termoplastů, projít procesem zjišťujícím a odstraňujícím problémy zaformovatelnosti – mnohdy se musí volit určité kompromisy mezi požadavky konstruktéra výstřiku a konstruktéra formy
- **materiál výstřiku** – materiál výstřiku volí jeho konstruktér a konstruktér formy musí při její konstrukci vycházet ze specifických vlastností vstřikovaného granulátu, včetně požadavků na nastavení vstřikovacích parametrů, zejména teploty formy, uvedených v materiálovém listu nebo v jiných doporučeních výrobce materiálu; termoplasty amorfní, částečně krystalické, termoplastické elastomery, kompozity s termoplastickou maticí plněné částicovým nebo vyztužujícím plnivem, nanoplňiv
- **vlastní konstrukce formy** – formy dvou deskové, tří deskové, čelistové, s pohyblivými jádry, vytáčecí, se studeným vtokovým rozvodem, s horkým vtokovým rozvodem, s kombinovaným vtokovým rozvodem atd.

2. Provoz formy

Pro správnou funkci vstřikovací formy, včetně ekonomického hlediska, je nutno zajistit její optimální provozní podmínky, a i podmínky pro její nasazení do výroby. Určitá robustnost vstřikovacích forem, která je důsledkem požadavků na jejich tuhost, může svádět k méně citlivému zacházení s nimi. To je ovšem zásadní omyl, jak z technického, tak i cenového hlediska, kdy cena formy mnohdy převyšuje i cenu vstřikovacího stroje na němž je forma provozována.

2.1

Správné uskladnění forem, včetně správně vedené evidence – formy vyčištěné od zbytků vstřikování a zaschlých maziv, z temperačních kanálů odstraněná voda, poslední dobrý zdvih na formě, tvarové díly nakonzervované proti korozi, pohyblivé části formy namazány, forma připravená k další výrobě shodných výstřiků, uložení forem na určeném místě, kde by mělo být zajištěno prostředí s malým výskytem prašnosti a s malými výkyvy relativní vlhkosti vzduchu; řádná evidence – stav formy (před údržbou, po údržbě, před opravou, po opravě, schopná výroby shodných výstřiků), výrobní záznamy, evidence zdvihů, záznamy o údržbě a opravách, atd.

2.2

Správná manipulace s formami – manipulacemi se rozumí veškeré přemísťování forem nebo jejich částí a to během výroby, během údržby a oprav, při upínání na a snímání ze vstřikovacího stroje, při uskladňování; pro správnou manipulaci musí být formy osazeny nebo jejich jednotlivé části – desky a velké tvarové díly – osazeny závěsnými oky nebo třmeny v těžišti formy nebo jejich částí, šrouby závěsů musí být pevně dotaženy a manipulant musí zajistit, že šroub bude namáhán pouze ve směru podélném k závěsnému oku, při manipulaci nesmí dojít k samovolnému posunutí formy hrozí její poškození nebo pracovní úraz manipulanta; obě části forem – pevná i pohyblivá – musí být při manipulaci mechanicky spojené a vyvažovací systém zajištěn proti samovolnému pohybu ve formě, vyústění temperačních kanálů, hydraulických okruhů, zásuvky pro připojení elektrických zařízení, koncové spínače, atd. musí být ochráněny proti poškození; při manipulaci s formami je třeba se pod formou nesmí pohybovat žádní pracovníci

2.3

Dodržování zásad pro správnou montáž a demontáž formy na a ze vstřikovacího stroje – bezpečné upnutí

formy na vstřikovacím stroji musí snést funkční zatížení vyvinuté míjivým tlakem od vstřikování polymerní taveniny do tvarových dutin formy i rázy vstřikovacího stroje bez uvolnění a poškození formy, včetně možného zranění obsluhy; obě poloviny formy – pevná i pohyblivá část – se upínají pouze prostřednictvím svých upínacích desek nebo schválených redukčních vložek celou plochou na upínací desky vstřikovacího stroje, v případě upínání pomocí magnetických upínacích desek je nutno vždy mít v oblasti snímače na magnetických deskách ocelovou desku formy (případně izolační desky se vkládají mezi upínací desku a rozpěrky formy); minimálně pevná část formy musí mít nepoškozený centrážní kroužek a i otvory v upínacích deskách vstřikovacího stroje pro středící kroužky musí být čisté a bez poškození, tolerance uložení je $h7 / H8$, kromě středění formy v ose vstřikovacího stroje zajišťují obě části formy proti sklouznutí při případném uvolnění upínacích systémů; upínací systémy musí být schválené a v dobrém technickém stavu, seřizovač upínající formu na stroj musí splnit požadavek na hloubku zašroubování šroubů upínek nebo desek formy do upínacích desek stroje (min. hodnota 1,5 D), jinak hrozí nebezpečí vytržení závitu v upínací desce vstřikovacího stroje; upnutí formy nesmí bránit jejímu provozu a manipulaci s výstřiky, zástřiky, atd.; připojení temperačních okruhů musí být bezpečné a zamezit možnému úniku temperační kapaliny; zapojení čidel a elektrických okruhů musí být bezpečné jak pro vlastní systémy formy tak i pro obsluhu vstřikovacího stroje. Formy se upínají pomocí upínek, šrouby přes otvory v upínacích deskách formy, pomocí magnetických přídatných desek, pomocí různých hydraulických upínacích systémů, pomocí bajonetových upínačů apod.

2.4

Dodržování zásad provozu forem s horkými vtokovými rozvody – pracovat s regulátory teploty, které mají režim soft start, u trysek s uzavíratelnými jehlami dovolit jejich pohyb pouze při provozní teplotě, nezasahovat do ústí

horkých trysek kalenými, tvrdými předměty (mimo jiné hrozí poškození teplo vedoucího vnitřního torpéda)

2.5

Správné seřízení vstřikovací formy – při provozu formy musí být vždy aktivovány a správně nastaveny ochranné systémy formy: tlaková, dráhová, časová ochrana; seřizovač formy musí, s ohledem na konstrukci formy optimalizovat její pohyby formy a jejích pohyblivých částí, včetně rychlostí pohybů; nezapomenout na správné nastavení koncových spínačů vyhazovacího systému, hydraulických tahů atd.

2.6

Připojení a seřízení všech energetických zdrojů – elektrické vytápění horkých systémů, pneumatické, hydraulické nebo elektrické pohony uzavíratelných jehel horkých trysek, hydraulické pohony tahačů jader, hydraulické nebo elektrické pohony vytáček systémů u forem vyrábějících výstřiky se závity atd.

2.7

Podmínky provozu:

- zajištění předepsané jakosti temperační a chladicí vody
- zajištění průchodnosti temperačních kanálů, hadic, rychlospojek, šroubení atd.
- udržování čistoty formy – zbytky plastu, zbytky chemických produktů vzniklých při vstřikování, odtržené ořepy atd.
- včasné zajištění čistota odvzdušňovacích kanálů
- včasné a správné mazání všech pohyblivých částí formy
- včasné upozornění na problémy s formou, zejména na zvětšení opotřebení nad povolenou mez

2.8

Kvalifikace pracovníků – obsluhy, seřizovači, údržba, technologové, atd

3. Proč údržba, definice a cíle údržby

3.1

Proč údržba

Skutečnost, že je údržba vstřikovacích forem jednou z nejvýznamnějších složek výroby výstřiků z termoplastů je zcela evidentní a nespochybnitelná. Formy jsou relativně drahá a jedinečná zařízení, o které je nutno pečovat, aby sloužili po dobu své životnosti a aby představovali pro své majitele dobrou investici, která napomáhá generovat dobré výnosy.

U forem, stejně jako u dalších zařízení a strojů, nejde jen o životnost-dlouhodobou funkčnost, neméně důležitá je stabilita výkonu a jejich plynulý, bezproblémový chod při plném využití jejich potenciálního výkonu.

Uvedené skutečnosti jsou důležité i z pohledu plánování výroby, kdy si musíme být jisti, že naplánovanou výrobu jsme s příslušnou formou schopni zvládnout. Operativní úpravy výrobního plánu v důsledku poruchy vstřikovací formy, vždy znamenají velkou komplikaci, časovou ztrátu, zbytečné náklady a možné další zákaznické neshody.

3.2

Definice údržby:

- definice podle ČSN EN 13 306:2011 - Údržba je kombinace všech technických, administrativních a manažerských opatření během životního cyklu objektu zaměřených na jeho udržení ve stavu nebo jeho navrácení do stavu, v němž může vykonávat požadovanou funkci
- definice podle Institute of Asset Management, USA – Údržba je organizace životního cyklu hmotného majetku s cílem dosáhnout nejnižších nákladů po dobu životnosti, spolu s jeho maximální využitelností, provozuschopností a nejvyšší kvalitou
- Z pohledu technologie vstřikování termoplastů, zejména pro automobilový průmysl, je druhá definice výstižnější, protože zahrnuje nejen požadovanou funkci, ale i náklady a kvalitu.

3.1

Cíle údržby:

Z uvedených definic lze přímo pojmenovat úkoly, které musí systémy údržby plnit a to současně:

- zabezpečení bezproblémového, stabilního provozu formy s co nejnižším podílem

neplánovaných odstávek

- zajištění provozuschopnosti s co nejnižšími náklady
- dosažení co nejvyšší efektivity provozu formy
- zajištění výroby výstřiků v požadované kvalitě

4. Typy údržby

4.1

Oprava po poruše – Breakdown Maintenance, Reactive Maintenance

Jde o nejzákladnější způsob údržby, který je nejméně vhodný z pohledu cílů údržby. Reaktivní přístup k údržbě pouze reaguje na vzniklou situaci, kterou nepředvídal.

4.2

Plánovaná preventivní údržba – Planned Preventive Maintenance

Tento způsob preventivní údržby je možno definovat takto: je to způsob údržby, kdy je forma kontrolována v rámci předem plánované – periodické – preventivní prohlídky s cílem odhalit problémy a definovat kroky, které zmírní následky těchto problémů v rámci preventivní opravy.

Preventivní údržba je tedy činnost, která se provádí před výskytem poruchy, aby se předešlo hrozcímu selhání formy. Tato údržba zahrnuje plánované aktivity založené na znalosti konstrukce vstřikovacích forem, jejich chování v provozu a je prováděna za účelem zlepšení stavu formy nebo aby se předešlo jejímu selhání.

Dodržováním plánu preventivní údržby formy, který je obvykle sestaven na základě doporučení konstruktéra a výrobce formy a s využitím vlastních znalostí a zkušeností jejího provozovatele, lze prodloužit provozní spolehlivost formy předcházením poruchám včasným vyhledáváním a odstraňováním jejich možných příčin, zvýšit její životnost při využití harmonogramu kroků

v rámci preventivních oprav, prodloužit periodicitu údržby a udržovat, případně zvyšovat efektivitu využití výrobní kapacity formy.

Preventivní plánovaná údržba sleduje tři hlavní zásady prevence a vyžaduje provedení několika kroků s ohledem na individuální konstrukci příslušných vstřikovacích forem:

- zachování normálních podmínek provozu
- včasné odhalení abnormalit
- rychlá reakce
- definovat činnosti, které budou v rámci preventivní údržby prováděny
- stanovit časové nebo jiné intervaly mezi definovanými činnostmi
- stanovit systém efektivního plánování dílčích činností preventivní údržby
- vytvořit standardy pořizování a řízení dokumentace plynoucí z preventivní údržby

Preventivní údržba se provádí prostřednictvím prohlídek, oprav a renovací. Činnosti, jež jsou během preventivní údržby vykonávány je možno rozdělit na tři typy úkonů:

- typ první – Pravidelná běžná péče o formu – čištění, mazání apod.
- typ druhý – Pravidelné prohlídky vedoucí k odhalení možných podmínek vedoucích k poruše nebo náhlému selhání během provozu formy
- typ třetí – Údržbové práce zahrnující seřizování, opravy, odstraňování a nahrazování dílů formy, které jsou zatím v relativně raných stádiích hrozícího selhání

Základem efektivitu preventivní údržby je důsledné provádění určených údržbářských činností v plánovaných časech a v plánovaném rozsahu, přičemž plán by měl zohledňovat i stáří, respektive počet provedených výrobních cyklů konkrétní formy, protože četnost možné poruchy se v čase mění – v prvních dobách provozu formy se obvykle poruchy mohou objevovat častěji, intenzivněji, ale s klesající tendencí.

V druhé provozní fázi se četnost poruch ustálí – forma je zbavena počátečních problémů, pracovníci provozovatele formy se ve vstřikovně s ní naučili zacházet. Právě tuto dobu je možno správnou preventivní a prediktivní údržbou prodloužit životnost. V poslední fázi životnosti formy může docházet k nárůstu intenzity vzniku poruch v důsledku přirozeného technického zastarávání formy (například změna typů deformací z elastických na plastické, únava materiálu apod.).

Nevýhodou u preventivní údržby je nutnost odstávky formy z provozu. Právě z tohoto hlediska je důležité správné plánování preventivních prohlídek a oprav.

Preventivní údržba by měla snížit náklady na provoz formy:

- redukcí prostojů
- snížením potřeby větších oprav
- snížením nákladů na jednotlivé opravy

Uvádí se, že ve srovnání s reaktivní údržbou, která se zabývá pouze provedením oprav po vzniku poruchy, je možno snížit celkové náklady na údržbu v rozmezí cca 12 až 18 %.

4.3

Prediktivní údržba – Predictive Maintenance

Prediktivní údržbu lze charakterizovat jako způsob údržby, kdy je forma na základě nějakých indikátorů sledována a hodnocena pro zjištění a následné odstranění počínajícího problému dříve, než dojde ke zhoršení fyzického stavu některého dílu formy nebo k jeho nevratnému poškození.

Dalším znakem prediktivní údržby je využívání diagnostických metod jako je například ultrazvukové testování, analýza oleje a částic opotřebení, termografie apod.

Tento přístup odstraňuje z postupů údržby odhad a zavádí objektivní hodnocení skutečného stavu formy, přičemž testy lze identifikovat problém přesněji, včetně jeho potencionální příčiny.

Prediktivní údržba se tedy od preventivní liší tím, že potřeba údržby je stanovena ne na základě předem určeného plánu, ale na základě aktuálního stavu formy. Její výhodou je, že umožňuje:

- opravu, výměnu problematických dílů dříve, než dojde k jejich poruše
- předpovídat další provozuschopnost formy
- přesné plánování budoucí údržby s cílem jejího zefektivnění
- snížení zásob náhradních dílů
- výrobu výstřiků o vyšší kvalitě

V odborné literatuře se uvádí, že tento způsob údržby přinese dalších cca 8 až 12 % úspor nákladů k již uvedeným úsporám při zavedení preventivní údržby.

I když vstřikovací formy je možno považovat za strategická výrobní zařízení, obvykle se u nich tento typ údržby nepoužívá.

4.4

Totálně produktivní údržba – Total Productive Maintenance

Totálně produktivní údržba – TPM – představuje jeden ze základních prvků štihlé firmy. Podstatou TPM je zapojení všech pracovníků vstřikovny do aktivit, které směřují k minimalizaci prostojů a k minimalizaci výroby zmetků-neshodných výstřiků.

V zavedeném systému TPM se překonává tradiční a běžně zavedený způsob dělení pracovníků vstřikovny na ty co na formě vyrábějí výstřiky a na ty co formy opravují. Jedním z cílů zavedení TPM je vyškolení operátora vstřikovacího stroje na němž je daná forma provozována, případně další pracovníky vstřikovny podle jejího konkrétního organizačního řádu tak, aby měl pocit zodpovědnosti k dané formě a „pečoval“ o ni tím, že dobře zná její „chování“, a tedy dokáže velmi rychle zachytit a odhalit a oznámit abnormality v její práci a tím odhalit případné zdroje současných nebo budoucích poruch dříve než kdokoliv jiný.

Mezi typické přínosy TPM patří:

- snížení poruchovosti o cca 50 až 80 %
- zavedení systematického řešení příčin problémů, které se dříve neřešili
- snížení časů při výměně forem
- zvýšení stability vstřikovacího procesu

Z pohledu standardní vstřikovny v České republice je totálně produktivní způsob údržby velmi problematicky využitelný. Vyžaduje od operátorů vstřikovacích strojů určitou sumu znalostí, navíc stále doplňovanou a rozšiřovanou, což je v běžné praxi prakticky nerealizovatelné, operátoři jsou obvykle neodborný personál, který navíc mnohdy ani neumí česky.

Někdy se spolu s TPM zavádí i metoda SMED (Single Minute Exchange of Die), což je metoda týmové práce, která si klade za cíl snížení prostojů při výměně formy, kdy se tzv. interní činnosti, které se provádějí při zastaveném výrobním procesu, při klidovém stavu vstřikovacího stroje převádějí na tzv. externí činnosti prováděné za běhu formy na vstřikovacím stroji. Cílem SMED je snížení prostojů při změně výroby a výměně vstřikovacích forem

Mezi činnostmi interní, které se snažíme eliminovat nebo přenést na činnosti externí například patří časy na hledání přípravků, nástrojů, měřidel atd., časy čekání na jeřáb, paletový vozík, paletu, spolupracovníka atd., čas chůze pro zjištění, co je s formou, co s granulátem, pro hadice, pro šrouby k upínkám atd., čas na nastavení měřidel, přípravků, uchopovačů atd.

Výstupem zavedení metodiky SMED by měly být postupy, které se stanou stále zdokonalovaným standardem redukujícím zbytečné prostoje vstřikovacího stroje a formy, v němž mají všichni zainteresovaní pracovníci – obsluhy vstřikovacích strojů, seřizovači, mistr, technolog, údržbáři atd. Své přesně definované místo a pracovní postup.

4.5

Podpora údržby

Efektivní řízení údržby, kdy je ve vstřikovně řada vstřikovacích forem, montážních přípravků k nim, uchopovačů pro vyjímání a manipulačních roboty, automatizačních zaří-

zení, měřících a kontrolních přípravků atd. se neobejde bez komplexního informačního systému, který sleduje údržbu z mnoha hledisek:

- evidence forem, přípravků atd.
- plánování a evidence údržby
- náklady na preventivní údržbu
- náklady na reaktivní údržbu
- hodnota, počet náhradních dílů a prostředků pro údržbu
- využitelnost forem, počet zdvihů

Informační systém by měl umožňovat evidovat označení forem a dalších zařízení k formě náležejících, rok uvedení do provozu, aktuální počet zdvihů, technickou dokumentaci k formě a dalším jejím komponentám, předpisy pro údržbu atd.

K dalším úkolům informačního systému v oblasti plánování preventivní údržby jsou vlastní plány údržby jednotlivých forem a zařízení k formám náležející, přičemž se obvykle plánování odvíjí od počtu vykonaných zdvihů při výrobě výstřiků. Zde je nutno zdůraznit zajištění včasného přenosu korektních dat z výrobních zařízení do informačního systému. Sem patří i údaje o spotřebovaném materiálu a o tom, zda byla údržba prováděna vlastními silami nebo externí firmou.

V neposlední řadě musí informační systém umět operativně vyhodnotit náklady na plánovanou preventivní údržbu, a to s možností rozlišení kdo a kdy konkrétní pracovní příkaz na údržbu vykonal, což umožní zpětnou identifikaci případného pochybení při údržbě. Náklady lze rozdělit do tří skupin: na mzdy, na materiál, na práci externích firem.

Počítačovou podporu řízení údržby obvykle tvoří samostatný modul většího firemního informačního systému typu MES (Manufacturing Execution System – výrobní informační systém); CAQ (Computer Aided Quality – počítačová podpora řízení jakosti); ERP (Enterprise Resource Planning – informační systém, který automatizuje a integruje množství činností souvisejících s řízením podnikových procesů).

4.6

Audit údržby

Přes všechnu snahu a výše popsané zavedené systémy údržby je celkem přirozené, že se skutečný stav firemní údržby časem začne, alespoň do určité míry, odchylovat od stavu popsaném ve firemních standardech a v další firemní dokumentaci. Proto je vhodné periodicky provádět interní audity, které se zaměří zejména tyto oblasti údržby:

- organizace plánované údržby
- proces plánování
- systém standardizace a dokumentování
- vlastní prediktivní údržba
- oblast analýz a práce s evidovanými údaji
- řízení nákladů
- metody práce údržby

Výstupem auditu je auditní zpráva, která je zdrojem pro komunikaci příslušných firemních složek, včetně vedení firmy a ukládá provedení a kontrolu nápravných opatření.

5. Vstřikovací formy a jejich údržba

5.1

Základní hlediska dělení vstřikovacích forem:

- podle počtu tvarových dutin: na jedno a více násobné
- podle typu vstřiku: se vstřikováním do osy formy nebo do dělicí roviny formy, kombinace obou způsobů
- podle uspořádání: na dvou deskové, třídeskové, dvou deskové s horkým rozvodným systémem
- podle konstrukce: na jednoduché, čelistové, s posuvnými jádry, závitové, etážové atd.
- podle vstřikovaného materiálu: na formy pro termoplasty a reaktoplasty

a výroba zmetků jsou bedlivě sledovány a vyhodnocovány, včetně nápravných opatření.

Špatně fungující systémy údržby forem obvykle trpí alespoň jedním z dále uvedených neduhů:

Nedostatek času – nebo-li situace, kdy údržbáři nejsou schopni připravit formy do výroby v daný čas – to může být způsobeno, například:

- nízkým stavem pracovníků údržby (důvody tohoto stavu mohou být různé, ale největší současný problém je výrazný nedostatek kvalifikovaných pracovníků)
- zbytečně častou údržbou forem – důsledek špatně nebo opatrně nastaveného systému plánované údržby
- vysokým vytižením pracovníků údržby i jinými pracemi mimo jejich hlavní pracovní náplň
- vlivem častých poruch, vyplývajících z nedostatečné údržby, což zaměstnává údržbu prováděním reaktivní údržby a není čas na přípravu forem pro další výrobní dávku a periodickou údržbu

5.2

Systém údržby forem:

Efektivnost systému údržby forem a jejich výrobnost jsou odlišné, ale z pohledu údržby propojené cíle.

Klíčovým požadavkem údržby je forma kdykoliv připravená k výrobě kvalitativně shodných výstřiků a k tomu, díky silně konkurenčnímu prostředí, v němž všichni pracujeme, přistupuje snaha o údržbu co nejefektivnější, tj. nákladové faktory jako je například přesčasová práce pracovníků údržby, úniky temperační kapaliny z formy, neplánované opravy, poničené tvarové části forem

Nedostatečná práce s informacemi – nejsou evidovány a předávány důležité informace o provozu forem, o jejich stavu po skončení výrobní dávky, o opravách a případně jejich provedení z pohledu hloubky opravy; to vyvolává více práce a zkracuje analýzy a optimalizace činnosti údržby.

Rezistence pracovníků údržby – zaujímání negativních postojů k inovativním metodám údržby, ke změnám v postupech údržby, k nařízením vedoucích, mezilidské vztahy na pracovišti apod.

Nejzákladnějším opatřením pro zmírnění uvedených neduhů údržby je standardizace typických úkonů typu demontáž - rozebrání formy, čištění tvarových dílů, vyhazovačů, pohyblivých částí formy a dalších dílů formy, mazání pohyblivých částí formy, antikorozní ochrana formy, průchodnost temperačních systémů formy, prohlídka formy pro odhalení závad, montáž formy na vstřikovací stroj.

Standardizací uvedených úkonů lze dosáhnout:

- snížení celkového množství pracovních hodin připadajících na uvedené údržbářské úkony
- redukce nebo eliminace vzniku poškození formy
- snížení zmetkovitosti a proustů formy při jejím nasazení na vstřikovací stroj
- zajištění reprodukování kvality výstřiků
- zajištění provozní spolehlivosti formy
- zvýšení odbornosti a zlepšení pracovní morálky pracovníků údržby forem

Dalším důležitým opatřením je způsob plánování preventivní údržby forem, přičemž existuje několik způsobů určení termínů preventivní údržby:

5. 2. 1

Údržba po každé demontáži ze vstřikovacího stroje – poměrně častý systém údržby forem, ale zejména při malosériové výrobě, a i při výrobě výstřiků pro automobilový průmysl, kdy jsou výrobní dávky relativně malé, je tento způsob údržby neefektivní. Formy jsou ošetřovány zbytečně často, údržba je zavalena prací a na preventivní údržbu zbývá málo času, což může vyvolat i vznik chyb v práci pracovníků údržby. Při tomto systému údržby, pro její zefektivnění, je nutná úzká spolupráce údržby forem s výrobním úsekem v oblasti definice stavu formy po skončení výrobní dávky.

5. 2. 2

Údržba podle zdvihů formy – předpokladem tohoto systému je korektní informace o počtu odpracovaných výrobních zdvihů formy. V systému údržby je nastavena hranice počtu zdvihů a po jejím dosažení se na formě provede předepsaná preventivní údržba.

Určitým problémem této metody je stanovení maxi-

málního počtu zdvihů do provedení periodické údržby, aniž by v mezidobí došlo k závadě na formě. Stanovení uvedené hranice je obtížné a neexistuje žádný univerzální návod, jak určit pro konkrétní formu tento hraniční počet zdvihů a ani určená hranice není a nemůže být dogmatická, protože není schopna předvídat všechny možnosti poškození formy.

Někdy konkrétní hranici určuje výrobce formy, někdy zákazník, pro kterého je forma provozována, někdy zkušenost vstřikovny s konkrétními typy forem apod. Hranice je výrazně ovlivněna i složitostí konstrukce formy a materiálem použitých při její výrobě.

5. 2. 3

Údržba podle provozních hodin – jedná se o analogickou metodu jako je metoda podle počtu zdvihů, počítají se provozní hodiny formy a určení hranice je stejný problém jako je popsáno výše.

5. 2. 4

Forma je v provozu až do závady – nejprimitivnější způsob a obvykle nejnákladnější způsob údržby forem, přesto se, ne vždy úmyslně, takto formy často provozují.

5.3

Plánovaná preventivní údržba forem a realita

Efektivní systém údržby vstřikovacích forem a jejich vlastní výrobní výkon jsou sice odlišné, ale silně propojené cíle údržby. Optimální výrobní stav forem a jejich maximální výkon je samozřejmým cílem údržby, ale efektivnost údržby již není vždy samozřejmostí.

Obvykle se za efektivní údržbu vnímá taková, která vede k rychlé přípravě formy k další výrobě, tj. systém „dělejte cokoli je třeba, jen ať je forma již na stroji“. Ovšem nákladové faktory typu přesčasové hodiny, neplánované opravy a odstávky forem, úniky kapaliny, poničené tvarové části forem, výroba zmetků atd. jsou v takovém případě také „obvykle“ velké, a proto by měla mít přednost plánovaná preventivní údržba, ale bez dále uvedených důvodů jejího neplnění.

Plán preventivní údržby je vypracován, uložen a příslušný rozpis údržby mají na údržbě k dispozici, přesto často dochází k neplnění rozpisu údržby. Obvyklými důvody neplnění bývá:

- **nízká motivace pracovníků údržby – nedosta-
tečné objasnění ze strany managementu firmy
významu tohoto způsobu údržby a obvyklá
skutečnost, že nedodržování plánu preventivní
údržby je víceméně tolerováno, respektive
z nedodržování neplynou pracovníkům údržby
žádné postihy**
- **vysoké vytižení pracovníků údržby – obvykle
podstav a dává se přednost operativním
opravám a potřebám údržby, které vznikly
v průběhu směny a na plánovanou preventivní
údržbu není čas**

Neplnění plánu preventivní údržby forem má ještě další pří-
činy. Obvykle se jedná o to, že plán údržby je podřízen plánu
výroby. Principiálně nelze postihovat pracovníky údržby za
neplnění plánu údržby, když je samotným managemen-
tem mnohdy plánovaná údržba odsouvána ve prospěch
plnění výrobního plánu, tj. údržbáři jsou nuceni opomíjet
plánovanou preventivní údržbu a operativně se věnovat
nahodile vzniklým potřebám údržby z důvodu nutnosti
plnění zakázkové činnosti firmy.

Tento, ve firmách často zavedený způsob má samozřejmě
svou logiku – v konkurenčním prostředí je prioritou uspo-
kojit potřebu zákazníka, což v důsledku znamená dodat
požadované výstřiky v dohodnutém množství, v požado-
vané kvalitě a ve správnou dobu na místo určení. V případě
ohrožení některého z uvedených zákaznických požadavků,
všechny zbytné činnosti jdou stranou a prosadí se výroba,
prakticky za jakoukoliv cenu.

K uvedeným problémům je možno přiřadit i neplánova-
nou údržbu a opravy, kdy údržbáři plní z pohledu výroby
nutné úkoly, jako je například potřeba něco svařit či
přivařit, vyrobit různé pomůcky, držáky apod., dokončují
práce nedodělané v předešlé směně atd., což samozřejmě
nevede k motivaci údržbářů provádět preventivní údržbu
forem a ručit za její kvalitu.

Dalším nedostatkem může být aktuální stav informovanosti
pracovníků údržby, protože se mnohdy plán neaktualizuje

podle vzniklé situace, což může vést k tomu, že je k výrobě
připravována jiná forma, než je k výrobě potřebná.

O způsobu práce údržby forem může vypovídat i časový
snímek pracovní směny jejich pracovníků. Ze snímku je,
mimo jiné, možno určit jakou část směny se údržbář věnuje
činnosti s přidanou hodnotou a jakou část směny činnos-
tem pomocným, které je možno optimalizovat. Jedná se
například o činnosti typu:

- **hledání – dokumentace, různých typů zdviha-
cích a manipulačních prostředků, nářadí atd.**
- **manipulaci – zbytečné manipulace s vozíky,
s nářadím apod.**
- **čekání**
- **soukromé rozhovory**
- **zbytečná chůze nebo vedení rozhovorů
s dalšími pracovníky**
- **nedodržování přestávek apod.**

5. 3. 1 Nejčastější úkony prováděné při údržbě

Při reálné údržbě vstříkovacích forem by jako první krok
mělo být zjištění skutečného stavu formy. Zde je nezbytná
spolupráce výrobního úseku s pracovištěm údržby. Ze
zhodnocení stavu formy vyplynou požadavky buď na
provedení údržby, na provedení opravy formy interně
nebo externě nebo kombinovaně, tj. provedení části prací
externě a části interně pracovníky vlastní údržby.

Do prací údržby vstříkovacích forem zejména patří:

- **čištění, případně odmaštění funkčních tvarů
a systémů formy od usazenin vzniklých při
výrobě výstřiků – tvárník, tvárnice, desény,
leštěné plochy, dělicí roviny**
- **odstranění zbytků – otřepy, zoxidované mazivo
apod. - z míst vzájemného styku pohyblivých
částí formy – čelisti, pohyblivá jádra, vodící
a středící prvky formy, vyhazovací systém atd.**
- **funkční promazání všech pohyblivých dílů
formy – vodící kolíky a pouzdra, vedení čelisti,
šikmé kolíky, pohyblivé lišty, kulisy, ozubená
kola a hřebeny, vyhazovače atd.**
- **kontrola a opravy temperačních systémů formy
- těsnost a funkce (průchodnost)**
- **kontrola a opravy horkých systémů, včetně**

- konektorů, kabeláže a regulátoru teploty
- kontrola a opravy jističích prvků - koncové spínače poloh částí formy
- kontrola a opravy pohyblivých částí-čelisti, tahače jader, vytáčeční systémy, vyhazovací systémy, aretační systémy, vodící systémy - funkce, velikost vřelí, opotřebení
- kontrola funkčnosti, těsnost a opravy hydraulických nebo pneumatických systémů formy
- kontrola a vyčištění odvodu vzduchu
- kontrola a oprava dosedací plochy vtokové vložky plocha musí být bez poškození
- kontrola správnosti nastavení datumovníku
- konzervace tvarových částí
- kontrola úplnosti, kompletnosti a stavu - vyhazovací tyče, náústky, hadice, přípravky, atd.
- reakce na okamžitý stav formy – neodkládat opravy, odstranění závad, včetně závad ohlášených výrobním úsekem
- záznam o provedených úkonech

ručují, aby i pracovníci údržby forem zvládali minimum specializovaných činností z oblasti seřizování a provozu forem na vstřikovacích strojích:

- z paměťového nosiče nebo paměti vstřikovacího stroje přehrát příslušný program-parametry výroby
- nastavení seřizovacího režimu
- nastavení uzavírací síly
- nastavení pohybů formy
- nastavení ochrany formy
- nastavení vyhazování
- nastavení dosedu vstřikovací jednotky na formu
- nastavení a uvedení do provozu temperovací zařízení formy
- nastavení a zprovoznění regulace horkých systémů
- nastavení hydraulických systémů tahačů jader
- nastavení vytáčečních systémů
- nastavení a spuštění dalších médií - vzduchové ofukování, koncové spínače poloh, jehlové uzávěry horkých systémů, atd.

I když to není v našich vstřikovných pravidlech, dopo-

6. Údržba vstřikovací formy – čištění povrchů a desénů, mazání, odmašťování, separace povrchů, antikoroční ochrana

Vhodné prostředky pro údržbu forem jsou dány účelem, pro který slouží. Jejich způsob použití je dán návodem výrobce nebo prodejce. Pro údržbu vstřikovacích forem by se měly používat pouze takové prostředky, které jsou pro daný účel určeny. Pokud Vám výrobce nebo prodejce konkrétního přípravku jeho využití doporučuje například slovy „je to přípravek vhodný na odmaštění pečící trouby – vezměte ho domů manželce - a velmi výhodný na odmaštění tvarových dílů formy“ nebo „odstraňuje zbytky a usazeniny ze všech plastů“ tak, prosím, ukažte mu dveře.

6.1 Povrchy vstřikovacích forem

Na vstřikovacích formách je možno nalézt celou řadu povrchů:

- povrchy tvarových dutin – tyto povrchy mají různou jakost, respektive jsou na nich různé desény lišící se jak tvary, tak hloubkou:

- pískované, jiskřené podle VDI 3400 Ref. nebo podle různých vzorníků, fotochemické, vypálené laserem
- leštěné – technický lesk: odstranění stop po obrábění – frézování, soustružení, broušení, elektrojiskrové opracování atd., jako příprava pro další operace – fotochemické desénování, lakování, pod PVD povlakování; pro dobré

- vyjímání výstřiků z formy
- zrcadlový, vysoký, optický lesk – plochy, které plní jak estetickou, tak i optickou funkci
- povrchy pro vedení pohyblivých, vodících a středících částí forem – jsou definovány buď drsností nebo určeny tolerováním příslušného rozměru
- ostatní povrchy – povrchy rámců forem

Nejdůležitějšími povrchy z hlediska jakosti výstřiků jsou povrchy vytvářející tvarové dutiny forem, které přijdou do styku s polymerní taveninou a výstřiku předají svůj povrch.

6.2 Požadavky na prostředky pro údržbu vstříkovacích forem

6.2.1 Prostředky pro čištění forem a jejich odmaštění

Požadavky:

- snadné a rychlé odstranění konzervačních prostředků z tvarových povrchů
- snadné a rychlé odmaštění beze stop po odpařeném prostředku
- snadné a rychlé odstranění produktů vstříkovaní – zdegradované polymerní a jiné chemické usazeniny, zbytky plastu, tuků, olejů v průběhu provozu formy i při údržbě
- při požadavku – schválení pro styk s potravinami

6.2.2 Prostředky pro mazání

Požadavky:

- dlouhodobá mazací schopnost
- dobrá přilnavost k materiálům formy
- správná tepelná odolnost podle pracovní teploty formy
- ochrana proti korozi
- odolnost vysokým tlakům
- odolnost proti smykovému namáhání
- nevytahují se do dělicích rovin
- nešpiní výstřiky

- odolnost proti horké vodě a páře
- odolnost proti zásaditým i kyselým látkám
- malá spotřeba – vysoký výkon
- nepůsobí agresivně na legované ocele
- tepelná vodivost
- při požadavku – schválení pro styk s potravinami

6.2.3 Prostředky pro konzervaci

Požadavky:

- spolehlivost při krátkodobé i dlouhodobé konzervaci
- vzlinavost i do spár o malých rozměrech
- nestékavost i na svislých plochách
- antikorozní ochrana
- odpuzování vody
- odolnost i při namáhání – manipulace s formou
- vytváření stabilní slabé vrstvy
- odolnost teplotám formy
- při požadavku – schválení pro styl s potravinami

6.2.4 Prostředky pro separaci, pro bezproblémové odformování

Požadavky:

- prostředky na silikonové bázi
- prostředky bez silikonu – vhodnost výstřiků pro potisk, lakování, pokovení, lepení
- tepelná odolnost při pracovní teplotě formy
- dlouhodobá trvanlivost
- snadná odstranitelnost
- při požadavku – schválení pro styk s potravinami

6.3 Povrchy vstříkovacích forem

Povrchy tvarových dutin vstříkovacích forem jsou leštěné, desénované nebo upravené pro dobré vyhození výstřiku z formy. Povrchy se často zanášejí uvolněnými zplodinami ze vstříkovaných plastů a dalšími nečistotami jako jsou zbytky mazacích prostředků, zbytky po zdegradovaném materiálu apod. Výsledkem těchto procesů

je neshodný výstřik a možnost jeho dodání zákazníkovi, respektive reklamace výstřiků nebo dodávky. Nedokonalé odstranění zbytků a nečistot umožňuje vznik koroze i pod ochranným konzervačním filmem. Pokud je omaštění dokonalé, vzniká nebezpečí koroze povrchů formy vlivem vzdušné vlhkosti. Proto je nutno vždy co nejdříve aplikovat antikorozi ochranu povrchů formy.

Způsoby odstraňování nečistot:

- mechanické
- rozpouštědlové
- tryskání suchým ledem
- ultrazvukové
- laserové
- tepelné

6. 3. 1

Mechanické odstraňování nečistot

Využívají se různé druhy a typy kartáčků - mosazné, ocelové hadříky, klůcky, utěrky, leštící prostředky, diamantové pasty, atd. Jedná se o ruční práci, která je obvykle zdoluhavá a ne příliš efektivní a u mnoha tvarů i nepoužitelná z důvodu problematické přístupnosti. Hrozí i nebezpečí poškození povrchu, stržení dělicích rovin a hran.

6. 3. 2

Rozpouštědlové odstraňování a odmašťování

Na trhu je celá řada koncentrátů nebo naředěných kapalin organických rozpouštědel vodou ředitelných, ve formě kapalin nebo sprayů. Prakticky u všech jsou zdůrazňovány jejich environmentální vlastnosti, včetně biologické odbouratelnosti.

Jejich výhodou je snadná a rychlá aplikace.

Nevýhodou je velmi různorodá nabídka, přičemž je nutno zdůraznit, že by se měly akceptovat a vyzkoušet ty nabídky, které nenabízejí víceúčelové čističe, ale pouze ty, které jsou určeny pro daný typ termoplastu nebo skupinu termoplastů.

Všechny usazeniny a mastnota na tvarových plochách

vstřikovacích forem jsou nežádoucími separátory nedovolujícími kvalitní sejmутí povrchu formy (mají dobrý vliv na odformování výstřiků) a proto je nutno je odstranit.

K odstraňování mastnoty, která mohla na tvarové plochy forem vniknout například vzliáním z vyhazovacího systému formy nebo z konzervace formy, se používají poměrně agresivní rychlo odparné odmašťovací prostředky, obvykle ve spreji. Při jejich použití je nutno odzkoušet, zda některá z jejich složek po odpaření na povrchu tvarové dutiny nevytváří stopu.

6. 3. 3

Čištění povrchů suchým ledem

Tryskání povrchů vstřikovacích forem suchým ledem je tryskácký proces čištění jakýchkoliv povrchů forem působící třemi účinky.

První účinek procesu je dodaná kinetická energie peletám suchého ledu - kyslíčnicku uhličitému v pevném skupenství. Pelety jsou akcelerovány stlačeným vzduchem až na rychlost zvuku a nárazem na znečištěný povrch nečistoty rozrušují a odstraňují.

Druhým účinkem procesu čištění je nízká teplota pelet (- 79 °C), která způsobuje zkrhnutí povlaku nečistot, jeho popraskání a uvolnění z čištěného povrchu.

Třetím je skutečnost, že suchý led proniká do nečistoty a okamžitě sublimuje - přechází do plynné fáze - což má za následek cca 700 násobné zvětšení jeho objemu a vytvoření expanzivního objemu, který nečistoty strhává.

Čištění suchým ledem je neabrazivní, účinná metoda, kterou lze použít i pro formy na vstřikovacím stroji bez nebezpečí poškození elektrických nebo elektronických zařízení, bez nebezpečí poškození mechanických dílů.

Při čištění nevzniká sekundární odpad, je možno čistit i velmi nepřístupná místa, metoda je ekologická bez použití jakýchkoliv chemikálií, není pracná, je relativně rychlá a obsluha tryskáckého zařízení není vystavena žádnému nepříznivému působení.

6. 3. 4

Ultrazvukové čištění povrchů

Čištění je prováděno na bázi kavitace – v čistícím médiu se vytváří miliony mikroskopických bublinek, které implodují - stahují se do sebe - a uvolněná energie strhává nečistoty a to jak z vnějších tak i vnitřních povrchů a to bez jakéhokoliv mechanického ovlivnění/ poškození.

Při správné volbě čistící lázně ve vaně čističky se nánosy nečistot odstraní bez jakékoliv rozměrové nebo tvarové změny, bez poškození desénů, leštěných ploch a to i při opakovaném čištění.

Doba čištění je v řádu minut, čistící lázně jsou na bázi organických rozpouštědel nebo na bázi vody. Ultrazvukové čistící zařízení se skládá z čistící vany, ultrazvukového generátoru a měniče. Ultrazvukový měnič, napájený z generátoru transformuje vysokofrekvenční energii na akusticko-mechanické kmity. Absorbční látky - tedy medium a čištěné díly - v důsledku absorpce způsobují změnu ultrazvukové energie na tepelnou energii.

To vyvolá zahřívání media při provozu. Vlivem změny teplot mezi čištěným předmětem a nečistotou dochází v místě jejich styku k částečnému oddělení, a tak se dostává čistící medium mezi styková místa čištěného předmětu a nečistoty.

Vniknutím čistícího media mezi nečistotu a plochu čištěného předmětu se rozrušují postupně síly vázící tyto dvě části k sobě, až k úplnému oddělení. Vlivem podtlaku na místech s uvolněnou soudržností kapalinových molekul dochází k porušení celistvosti kapaliny, následkem toho je, že vznikají v čistícím mediu bubliny.

V následující půl periodě přechází okamžitá hodnota střídavého tlaku v kapalině přes nulovou hodnotu do kladných hodnot, čímž se vzniklé bubliny uzavrou a stlačí.

Prudkým stlačením kulové bubliny vzniknou v jejím středu kulové vlny s vysokou mechanickou energií (několik tisíc atmosfér), které definitivně poruší vazbu mezi čištěným předmětem a nečistotou. Tento jev se nazývá kavitací.

6. 3. 5

Termální čištění dílů vstřikovacích forem

Technologie teplotního čištění používá různé teplotní systémy k odstranění organických nečistot. Termální způsob čištění je vhodný prakticky pro všechny známé termoplasty. Při odstraňování organických nečistot nedochází k poškození čištěných dílů. Nečistoty lze odstraňovat jak ze sestav, tak i z jednotlivých dílů o různých velikostech a geometriích.

Zařízení jsou šetrná k životnímu prostředí, mají vnitřní systémy čištění odpadních plynů, neznečišťují vodu, řídicí systémy minimalizují spotřebu elektrické energie.

V principu se používají zařízení, u nichž k odstranění organických nečistot z teplotně odolných kovových dílů se provádí jejich roztavením a rozkladem pod vakuem, teplotním rozkladem ve fluidním loži (způsob vhodný i pro PVC, PTFE, PEEK) nebo termální oxidací.

Největší využití má termální čištění v oblasti čištění plastikačních šneků všech zařízení využívajících šnekovou plastikaci - vstřikování, vytlačování, zvlákňování; v oblasti čištění vytlačovacích a vyfukovacích hlav, filtrů, statických míchačů; v technologických zařízeních pro zvlákňování - zvlákňovací hlavy, trysky, čerpadla atd.; při vstřikování se nejčastěji používá k čištění trysek vstřikovacích strojů, horkých systémů vstřikovacích forem, tedy pro díly znečištěné organickými látkami.

6. 3. 6

Laserové čištění povrchů

Laserové čištění povrchů využívá laserové sublimace nežádoucích usazenin na čištěném povrchu. Tato technologie, kromě zdroje energie na provoz laseru nepotřebuje žádné další prostředky, jako například rozpouštědla nebo mechanické prostředky.

Laserové čistící systémy do čištěného povrchu vysílají za sekundu tisíce ultrakrátkých laserových pulzů, které jsou fokusovány do lineárního paprsku na šířku ústí čistící pistole.

Většina laserové energie je absorbována povrchovou

vrstvou a je okamžitě po absorbování přeměněna na energii tepelnou, která zajistí odpaření nečistot, a to při neporušení základního materiálu.

Technologie je to velmi výkonná, rychlá s výrazným potenciálem zejména ve vstřikovných pracujících s leštěnými plochami forem – optický lesk, lesk výstřiků před galvanickým pokovením, před naprašováním odrazných ploch apod. Určitou nevýhodou je relativně vysoká pořizovací cena zařízení.

6.4

Antikorozi ochrana vstřikovacích forem – konzervace forem

Požadavky na prostředky konzervace forem jsou uvedeny v kapitole 6. 2. 3. Pro praxi jsou nejdůležitější požadavky na spolehlivost konzervace, na vzlinavost do tenkých spár a na nestékavost ze svislých ploch.

Konzervační prostředky, obvykle ve spreji, což umožňuje velmi snadno pokrýt celou chráněnou plochu suchým a pevným filmem, se nanášejí na vyčištěné a suché plochy forem. Některé prostředky umožňují i vizuální kontrolu nanesení konzervačního filmu, jsou probarvené.

Je výhodné používat antikorozi ochranné prostředky takové, které se po montáži formy na vstřikovací stroj nemusí odstraňovat. Při vstřikování se tyto prostředky chovají jako separátory, které se po několika zdvích sami z povrchu tvarových dutin odstraní.

6.5

Mazání dílů vstřikovacích forem

Stejně jako v mnoha dalších oborech i při provozu vstřikovacích forem platí známé pořekadlo: „kdo maže, ten jede“, které je možno ještě doplnit sloganem „mazaný díl není chleba se sádlem“, pro jeho namazání postačí velmi tenká vrstva maziva, ale nanesená na celý mazaný povrch.

Mazání pohyblivých a vodících částí vstřikovacích forem zabraňuje jejich provoznímu zadření a poškození, což by mělo za následek odstavení formy

z provozu a její opravu. Použitý typ maziva závisí na pracovní teplotě formy. Pro formy s teplotou do cca 150 °C postačí mazací prostředky, obvykle ve formě pasty nebo ve spreji, na bázi minerálních olejů. Maziva na bázi syntetických olejů mají teplotní odolnost až do cca 1 200 °C. Do obou typů olejů se vmíchávají pevné mazací organické částice nebo částice na bázi PTFE.

Požadavky kladené na mazací pasty jsou uvedeny v kapitole 6. 2. 2. V případě použití maziv ve spreji na bázi PTFE je nutno si uvědomit, že tyto mazací prostředky vytvářejí silnější mazací film a s tím ve smyslu větších vůlí by měl počítat i konstruktér formy, který by také měl, spolu s technologem vstřikovny pro danou vstřikovací formu sestavit příslušný mazací plán formy.

6.6

Separace tvarových povrchů vstřikovacích forem – zlepšení odformování

Tvarové dutiny vstřikovacích forem, respektive plochy tvarových dílů výstřiků, potažmo plochy tvarových dutin forem, by měly být navrženy tak, aby výstřiky šly snadno odformovat a vyjmout z tvarové dutiny formy.

Pokud tomu tak úplně není nebo se vstřikují některé termoplasty, které mají zvýšenou adhezi ke kovovým dílům forem (například PC, PMMA, PC/ABS atd.) je možno k usnadnění vyhození výstřiků z formy použít separátor.

Separátor tedy zlepšuje odformování, může zkracovat dobu cyklu, snižovat zmetkovitost a zvyšovat produktivitu výroby daného výstřiku. Při volbě separačního prostředku, obvykle se jedná o kapaliny ve spreji pro snadné nanášení na tvarové díly forem, se musí vzít v potaz i následné zpracování a používání konkrétního výstřiku. Separace musí být snadno odstranitelná, ale i trvanlivá a šetrná k materiálům tvarových dutin forem.

Používají se dvě hlavní skupiny separačních prostředků – na bázi silikonu a na bázích bez silikonu. Separace na bázi silikonu – teplotní odolnost separace cca od 5 °C do cca 250 °C. K dispozici je velmi široká paleta přípravků, které mají velmi dobrou penetrační

schopnost, působí dlouhodobě, zajišťují dobré odformování, mohou sloužit i jako mazivo, na trhu jsou i typy schválené pro styk s potravinami. Jejich nevýhodou je, že se nesmí z důvodu nesnadného odstranění, používat u výstřiků určených pro následné povrchové úpravy.

Separace na bez silikonové bázi – používají se vysoce aktivní, ve vodě rozpustné oleje, syntetické uhlíkové oleje s teplotou použití až do 300 °C. K dispozici jsou i separátory na bázi disperzí PTFE. Bez silikonové separátory umožňují následné operace – potisk, lakování, galvanické pokovování, naprašování, lepení atd.

6.7

Chyby při používání čistících, odmašťovacích, mazacích, konzervačních a separačních prostředků

Vybrané chyby a nedostatky:

- používat pouze prostředky jejichž účel je shodný s účelem údržby vstřikovací formy
- při mazání – spreje, kapaliny, pasty, suché laky –

ctít uvedená pravidla: mazat podle mazacího plánu, tenký film na suchém podkladu, na celé ploše

- mechanické čištění – veškeré čistící prostředky musí být z měkkých a neabrazivních materiálů, než je materiál čistěných dílů formy
- nesmí docházet k aplikaci konzervačních přípravků na mokré plochy
- některé antikoroziní přípravky (například Konkor) obsahují vodu, a tedy pro konzervaci forem jsou nevhodné
- nové přípravky je nutno vždy, pro danou aplikaci, odzkoušet – například některé rychlo odparné prostředky mohou na tvarovém povrchu zanechávat mapy
- po odmaštění povrchů a tvarů formy může vlivem vzdušné vlhkosti dojít ke korozi povrchů a tvarů
- nedokonalé odstranění zbytků nečistot a znečištění umožňuje vznik koroze i pod ochranným konzervačním filmem
- použité prostředky musí vždy mít pracovní teplotu vyšší, než je teplota formy

7. Údržba vstřikovací formy – čištění temperačních systémů forem

Vstřikovací formu s temperačním nebo chladícím systémem je možno považovat za tepelný výměník, v jehož kanálech – na vnitřních teplosměnných plochách – dochází, zejména při teplotách větších než 60 °C, k tvorbě úsad, nánosů a korozních zplodin. Obecně mluvíme o kotelním kameni, což je směs minerálů vyloučených z vody ve stavu pevného povlaku na stěnách kanálů. Směs minerálů se obvykle skládá z uhlíkatu vápenatého, hořečnatého, síranu vápenatého, horečnatého, křemičitanu vápenatého, hořečnatého, hydroxidu hořečnatého, chloridu vápenatého a podobných sloučenin v různých poměrech podle jejich obsahu v konkrétně používané vodě.

Úsady z uvedených minerálů mají velmi malou teplotní

vodivost, a nejen že snižují průtočné množství vody kanály, ale zejména výrazně snižují přestup tepla z a do temperačních kanálů s temperační kapalinou, nejčastěji vodou a tím mohou vyvolat výrobu zmetků. Změna teploty formy, jak lokálně, tak i celkově, vyvolá ve vstřicích změnu smrštění a následně i deformaci, změnu lesku, vyvolá možnost tvorby pětoků nebo naopak neúplných výstřiků atp.

Již jen tloušťka usazené vrstvy vodního kamene 0,1 mm vyvolá snížení účinnosti přestupu tepla o cca 20 až 30 % oproti čistému kanálu bez úsad.

Z uvedených důvodů je nutno výrazně věnovat údržbářskou pozornost temperačním systémům vstřikovacích forem. Pozornost nejen čistotě temperačních

kanálů, i když těm přednostně, ale i dalším prvkům systému jako jsou hadice (nebezpečí jejich skřípnutí a snížení průtoku), rychlospojky (funkce bez odkapávání, průchodnost), temperační přístroje tlakové i bez tlakové atd. Všechny používané prvky temperačního systému, včetně těsnění, musí být odolné vůči pracovní teplotě formy, která může být i více než 160 °C.

K odstranění úsad a nánosů se nejčastěji používá technologie chemického čištění kanálů forem. Pro její využití jsou vyráběny a používány různá, obvykle mobilní zařízení, s nucenou cirkulací pomocí čerpadla. Zařízení mají obvykle dvě nádrže, jednu na čistící chemický roztok, může být i vyhřívána, a druhou na pasivační kapalinu. Pasivační kapalina má, po skončení čištění, za úkol zrušit rozpouštěcí účinky čistící kapaliny a umožnit její neutralizaci – na pH 6 až 7 – a ekologické zneškodnění.

Zařízení jsou vybavena i řízením tlakového vzduchu pro vyfoukání a vysušení vyčištěných okruhů, případně i reverzací – cyklováním směru toku pro zvýšení turbulence čistící kapaliny a zvýšení účinnosti a rychlosti čištění, při snížení spotřeby chemikálií nebo k použití neagresivních chemikálií, které nenapadají čištěný materiál forem – mosaz, měď, ale jsou obvykle méně účinné.

Je samozřejmé, že k nasazení takového čištění může dojít pouze tehdy, když jsou kanály alespoň trochu průchodné a cirkulační čerpadlo dokáže přes všechny odpory tempe-

račními okruhy čistící kapalinu protlačit.

Po vyčištění formy by měla následovat tlaková zkouška těsnosti temperačních okruhů formy, a to tlakem cca 10 bar. Čistící chemie může, jak již bylo uvedeno, napadat díly forem vyrobené z mosazí, mědi nebo podobných materiálů, ale ve většině případů nejsou klasifikovány jako nebezpečné. Samozřejmostí je mít k nim bezpečnostní listy, případně další údaje z hlediska předpisů PO, BOZP, likvidace odpadů, ADR dopravy apod.

Výrobci temperačních přístrojů pro temperaci vstřikovacích forem doporučují a pro svá zařízení vyžadují určitou kvalitu temperační vody. Tato voda by měla mít tuto kvalitu:

hodnotu pH mezi 7,5 až 9; vodivost při 25 °C < 150 mS/m; celkovou tvrdost < 15 °d; uhličitانovou tvrdost < 4 °d; uhličitانovou tvrdost při stabilizaci tvrdosti < 15 °d; obsah Fe < 0,2 mg/l; obsah chloridů Cl < 100 mg/l; obsah sulfátů SO₄ < 150 mg/l; obsah amoniaku NH₄ < 1 mg/l; obsah manganu Mn < 0,1 mg/l.

Další doporučení: tvary nebo formy vyrobené ze slitin Al by se měly temperovat vodou o pH v rozmezí 7 až maximálně 8; při chlazení formy pod 5 °C se musí přidávat do vody nemrznoucí prostředek s inhibitorem koroze; při používání vody o teplotě přes 90 °C by tato voda měla být změkčena (výrazné snížení množství úsad); při temperaci forem nad 160 °C by voda již měla projít osmotickým čištěním, odsolením.

8. Údržba vstřikovací formy – opravy vstřikovacích forem

Při provozu vstřikovacích forem nutnost jejich oprav nejčastěji vyvolávají tyto příčiny:

- opotřebení abrazí tvarových částí forem v důsledku působení smykového namáhání při toku polymerních tavenin tvarovou dutinou a vtokovým rozvodem vstřikovací formy; abrazivní působení toku materiálu je umocněno působením plniv při zpracování kompozitních

materiálů nebo některých aditiv

- chemické působení vstřikovaného termoplastu – PC, PA, PPA...
- korozní účinek některých zpracovávaných materiálů – PVC, PVA, CA, termoplasty se speciálními aditivy
- Dieselův efekt – lokální spálení materiálu v místě bez odvodu, při nevhodném odvodu nebo zanešeném odvodu

- použití nevhodných materiálů v konstrukci formy
- nedostatky v konstrukci formy, jako například malá vzdálenost od temperačních kanálů od tvarových povrchů, ostré tvary malých tlouštěk, malá účinná plocha vyhazovačů atd.
- nevhodné zacházení s formou – například manipulace s formou bez zajištění mechanického spojení obou částí formy, uvolnění vyhazovacího systému při manipulaci s formou, pád formy, mechanické čištění tvarů formy nevhodnými prostředky atd.
- nepozornost seřizovače nebo technologa či obsluhy – například spuštění provozu formy bez kontroly, zda jsou čelisti, hydraulická jádra apod. ve svých výchozích pozicích

8.1

Výrobní dokumentace pro opravy forem

Representantem opravované formy je 3D model výstřiku a výrobní dokumentace formy. Mělo by být samozřejmostí, že ve výrobní dokumentaci jsou zaneseny všechny na formě provedené změny. Bohužel, ale právě změnové řízení není, obvykle, na prvním místě ve správě výrobní dokumentace.

Pokud výrobní dokumentace - 2D, 3D - není k dispozici nebo nezachycuje reálný stav opracovaných tvarů je možno postupovat dvěma cestami – první cestou je metoda pokusů a omylů, kdy se opravuje na základě zkušeností s celou řadou postupných kroků až k finálnímu dolícování nebo vytvoření požadovaného tvaru. Druhá, exaktní metoda využívá technologii skenování a reversního inženýrství – Reverse Engineering.

V takovém případě jako zdroj dat slouží 3D sken – laserový nebo optický skener – tvarové dutiny, její části nebo tvarového opravovaného dílu formy. Pomocí počítačové technologie Reverse Engineering se z naskenovaných dat vytvoří 3D model daného dílu nebo tvarové dutiny a to s přesností až $\pm 0,05$ mm ve srovnání se zdrojovým skenem. Takto, spojením dvou metod, získaná plošná nebo objemová 3D data tvarových dílů, tvarových dutin nebo i celých forem

slouží k dalším opravárenským operacím jako výchozí zadání.

8.2

Vlivy na volbu technologie a postupu oprav

Při úvahách, jaký postup opravy se v konkrétním případě zvolí, je nutno vzít v úvahu celou řadu vlivů na nichž bude proces oprav záviset:

- materiál formy – oceli tříd 11,12,14,15,17,19, slitiny Al, slitiny Cu, vysoce teplotně vodivé materiály, sintrované materiály pro odvod vzduchu atd.
- tepelné zpracování – kalení a popuštění, laserové kalení, cementování, nitridování, zušlechťování, v přírodním stavu bez tepelného zpracování
- technologie vytváření tenkých vrstev – povlakování – PVD: Fyzikální depozice vrstev a PACVD: Chemická depozice vrstev za asistence plazmatu
- jakost povrchu – obecný po jiskření, podle VDA 3400 Ref. nebo jiného etalonu, leštěný -
- technický, vysoký lesk, fotochemicky desénovaný, laserem desénovaný, pískovaný, PVD atd.
- druh a typ zpracovávaného materiálu – termoplasty plněné vyztužujícím a nevyztužujícím plnivem, termoplasty neplněné, speciálně aditivované – proti hoření, UV záření atd.
- teplota formy
- konstrukce výstřiku – členitost tvarů, tvarová a rozměrová přesnost
- koncepce a konstrukční provedení vstřikovací formy – dvou desková, třídesková koncepce, násobnost formy, se studeným nebo horkým systémem vtokového rozvodu, zaformování do dělicí roviny, pomocí čelistí, hydraulických tahů, s vytáčením atd.
- kvalita údržby

8.2.1

Technologie povlakování

Při výrobě nových vstřikovacích forem nebo při jejich renovacích a opravách je možno také využít některé

z velké škály povlakovacích technologií, technologií vytvářejících na kovových površích tenké vrstvy s požadovanými vlastnostmi. Nejčastěji používanými technologiemi jsou PVA a PACVD.

Povlakovací technologie jsou vhodné pro řešení problémů se zadiráním, případně korozi pohyblivých částí forem – vyhazovače, vodící sloupky a pouzdra atd. – čímž zvyšují životnost formy. Používají se na tvarové díly forem, u nichž vlivem provozu – únavou, abrazivním otěrem (zpracování kompozitů plněných skleněnými vlákny), Dieselovým efektem (kombinace tepla a tlaku při špatném odvodu znečištění), působení rozkladných nebo kondenzačních produktů polymerů – hrozí snížení jejich životnosti a nutnost častých oprav.

V neposlední řadě to jsou technologie napomáhající dobrému odformování složitých tvarů a hlubokých tvarů se špatným přístupem pro leštění, včetně aplikace na místa v tvarových dutinách forem nebo vtokových kanálů kde snižují koeficient tření, a tedy zlepšují odformování a zatékání polymerní taveniny do hydraulicky špatných míst ve tvaru formy.

Jsou vhodné i pro ochranu proti korozi například při zpracování PVC. Vytvářejí vrstvy odolné proti poškrábání a jsou vhodné i pro vytváření vzhledových ploch na výstřících. Používají se i pro jejich opravitelnost, lze je přepovlakovat, na rozdíl například od nitrídaných vrstev.

Vrstvy jsou inertní k čistícím, konzervačním, mazacím i separačním prostředkům.

8. 2. 2 PVD technologie

Fyzikální depozice vrstev (PVD) je metoda pro výrobu tvrdých povlaků na bázi kovů prostřednictvím částečně ionizovaných par kovů a jejich reakcí s některými plyny, čímž se na základním materiálu vytváří tenká vrstva s definovaným složením. Nejčastěji používané metody jsou napařování a obloukové napařování. Při napařování se částečně ionizovaná pára vytváří bombardováním kovových terčů energetickými ionty pracovního plynu. Při obloukovém napařování se používá opakující se obloukový výboj, který odpařuje

materiál z kovového terče. Všechny PVD procesy probíhají za podmínek vysokého vakuu.

PVD procesy se používají k povlakování široké škály nástrojů a komponent vrstvami karbidů, nitridů či karbonitridů kovů, jako Ti, Cr, Zr či slitin, jako AlCr, AlTi či TiSi. Typickým použitím těchto povlaků jsou obráběcí a tvářecí nástroje, tvarové díly vstříkovacích i jiných forem, mechanické komponenty či zdravotnické nástroje a pomůcky, které těží z mechanických vlastností, případně i vzhledu jednotlivých povlaků.

Depoziční teplota se při PVD procesu pohybuje mezi 250 a 450 °C. V některých případech mohou být PVD povlaky v závislosti na druhu základního materiálu a aplikaci naneseny již při teplotě pod 70 °C nebo naopak až při teplotě 600 °C.

Tyto povlaky mohou být připraveny jako monovrstva, multivrstva či gradientní vrstva. Nejnovější generací povlaků jsou nanostrukturní a supermřížkové variace vícevrstvých povlaků poskytující zlepšení vlastností. Struktura povlaku může být optimalizována vzhledem k požadovaným vlastnostem, jako je tvrdost, adheze, tření atd. Povlak je vždy vybírán dle náročnosti aplikace.

Tloušťka vrstvy se pohybuje mezi 2-5 um, ale může být tenká i jen několik set nanometrů nebo naopak silná až 15 či více mikrometrů.

Základním materiálem určeným k povlakování mohou být oceli, neželezné kovy, karbidy wolframu stejně jako galvanicky pokovené plasty. Možnost nanesení PVD povlaku na konkrétní základní materiál je omezena pouze stabilitou materiálu při depoziční teplotě a jeho elektrickou vodivostí.

PVD vrstvy lze bez velkých technických problémů recyklovat. Principem je chemické odleptání použité PVD vrstvy bez narušení základního materiálu, na němž je PVD vrstva nanesena pomocí silných oxidačních činidel. Jedním z používaných oxidačních činidel je roztok peroxidu vodíku, vody a tetranatriumdifosfátu ohřátý na cca 70 °C. Po odstranění starého povlaku je nutné povrch tvarového dílu opláchnout a pomocí vhodného činidla pasivovat.

8. 2. 2

PACVD technologie

Technologie PACVD (Chemická depozice vrstev za asistence plazmatu) je vakuový proces používaný k nanášení DLC (Diamantu podobný uhlík) povlaků, rovněž známých jako ADLC (Amorfní diamantu podobný uhlík). Všechny zdroje materiálů v PACVD procesu jsou v plynném stavu. Proto je tato technologie vhodná pro rovnoměrné povlakování 3D dílců, a to případně i bez nutnosti otáčení, jak je nezbytné u PVD technologie. Povlaky jsou amorfni a obsahují kolem 70% sp3 vazeb, díky čemuž povlaky dosahují vysoké tvrdosti (10-40 GPa).

Technologie PACVD se používá pro povlakování velmi širokého spektra vodivých a nevodivých materiálů při teplotách pod 200 °C. Typická tloušťka se pohybuje v rozmezí od 2 do 3 μm.

DLC povlaky mají vynikající tvrdost, odolnost proti opotřebení a nízký koeficient tření. Jsou ideální pro tribologické systémy nacházející se v motorech, strojích a dalších mechanických sestavách, kde dochází k posuvnému či valivému pohybu. Perfektní povrch bez nutnosti následné úpravy je ideální pro vysoce přesné tvarové díly forem při vstřikování plastů stejně jako pro dekorální účely. DLC povlaky jsou chemicky inertní a biokompatibilní, což umožňuje jejich použití ve zdravotnictví u různých pomůcek či implantátů.

Mezi výhody této technologie patří:

- široké spektrum materiálů možných povlakovat
- nezpůsobuje deformace vysoce přesných dílců
- nejsou nutné následné povrchové úpravy
- plynný proces, jednotný povlak 3D geometrie i bez rotace
- jedná se o zelenou technologii s ohledem na zdroje, proces i produkty

8.3

Opravy poškození vstřikovacích forem

Opravy opotřebovaných nebo mechanicky poškozených částí vstřikovacích forem lze, v zásadě, opravovat dvěma základními způsoby:

- nanášením kovu na poškozená místa
- vložkováním opotřebovaných nebo porušených částí, respektive jejich výměnou

Navařováním se nanáší kov na poškozená místa a návar se opracuje a díl se dolícuje do sestavy vstřikovací formy. K opravám technologiemi navařování se používají navařovací metody, které v co nejmenší míře tepelně ovlivňují okolí návaru: laserové navařování, mikroplazmové navařování, impulzní svařování za studena, mikropulzní navařování elektrickým obloukem, vibračně pulzní navařování nebo robustnější metody navařování obloukem, obalovanou elektrodou, typu WIG, MIG, MAG apod.

Navařování chybějícího objemu kovu z poškozených míst, odlomených nebo opotřebovaných hran, trhlín apod. se provádí dodáním přídavného materiálu ve formě drátů, pásků, prášků. Složení přídavných materiálů musí odpovídat složení a tepelnému zpracování - tvrdosti - základního, opravovaného materiálu dílu formy.

Před navařováním je nutno opravované místo dobře očistit a odmastit, aby se předešlo nežádoucím defektům - bublinám, nedovařeným místům, trhlínám atd. Rychlé roztavení malého objemu přídavného navařovaného kovu i základního, opravovaného materiálu zajistí i jejich rychlé ochlazení a zakalení do jemné struktury ve velmi malém, tepelně ovlivněném objemu.

Druhá, nejčastější, opravárenská metoda při opravě vstřikovacích forem je, již uvedené, vložkování nebo výměna dílů.

Výroba vložek může probíhat klasicky metodami třískového obrábění s následným tepelným zpracováním a dolícováním do tvarů formy nebo je možno použít technologie DMLS-Direct Metal Laser Sintering. Tato aditivní metoda používá pro vstupní data formát.stl, materiál pro opravu - buď nanášení přímo na poškozený díl nebo výrobu nové části formy - 1.2709, který se garantovaně spojí opět s 1.2709 nebo 1.2343. V případě, že se kovový prášek laserem nanáší přímo na opravovanou tvarovou část formy, musí tato být nejvyšším místem opravované části a musí být rovnoběžná se základnou nanášecího stroje (nutnost

přejiždění ramene stroje nad dílem při stavbě poškozeného místa). Jakost povrchu nově vystavěného objemu je Ra 12,5 a dostavba se obvykle provádí s přídavkem na další obrobení - CNC, elektroerozivní (EDM), leštění atd. Nově vyrobenou část je možno tepelně zpracovat na tvrdost 32 až 54 HRC.

8. 3. 1

Postup opravy vstříkovací formy – interní nebo externí oprava

1. rozebrání – demontáž formy
2. čištění formy – tvarové díly, desky, vyhazovací systém, horký systém, temperační okruhy, odvoduštění
3. rozhodnutí o způsobu opravy
4. konstrukční příprava opravy
5. technologická příprava opravy, včetně výroby potřebných elektrod pro EDM
6. oprava poškozených tvarů nebo dílů
 - 6.1 výměna konstrukčních dílů
 - 6.2 oprava vložkováním – vložka vyrobená technologiemi obrábění – CNC, EDM, broušení, vrtání atd.
 - 6.3 oprava technologií DMLS
 - 6.4 oprava lokálním nanášením kovů – elektrochemické nanášení, tamponová galvanizace
 - 6.5 oprava navařováním tvarů, hran, dělicích rovin atd.
 - 6.6 opracování navařených částí, ploch, hran atd.
 - 6.7 zjištění stavu po navaření a opracování
 - 6.8 při zjištění poréznosti případné opakování navaření a opracování
7. nástrojařské práce – lícování, tušírování, sestavování podstav a sestav tvarových částí forem
8. obnova jakosti povrchů – leštění: leštění po opravě navařením, leštění pod desén, leštění technické, leštění do vysokého lesku atd.
 - oprava desénů: sjednocení nebo obnova lesku, či zmatovění pískováním, fotochemické desénování, laserové desénování, gravírování a popisování – laserem nebo pantografickou frézou atd.
9. měření v průběhu opravy, po opravě – komunální měřidla, 3D dotykové nebo bezdotykové měření – optické, laserové; měření lesku a drsnosti povrchů atd.
10. konečná montáž formy
11. konzervace formy

12. uložení formy na určené místo
13. záznamy o opravě a v případě změn i provedení změnového řízení příslušné výrobní dokumentace

8.4

Technologie svařování a navařování při opravách vstříkovacích forem

Pomocí svařovacích technologií lze opravit prakticky všechny problémy s prasklými tvary, opotřebovanými plochami a hranami. Svařovat je možno všechny, běžné v konstrukci vstříkovacích forem používané, ocele:

- uhlíkové, 1.1730, používané na rámy vstříkovacích forem
- nízko až středně legované cementační kalitelné, 1.3211, 1.2343, 1.2738, 1.2764, z nichž se nejčastěji vyrábějí tvarové díly forem
- vhodné pro optický lesk, nerezové, vhodné pro PC atp.
- navařování a svařování vysoce teplotně vodivých materiálů – slitiny bronzu
- navařování a svařování slitin Al,
- navařování a svařování Cu, Ti
- navařování a svařování materiálů o neznámém složení, včetně těžko svařitelných

Před nasazením některé ze svařovacích technologií je nutno vždy odstranit unavený, opotřebovaný základní materiál. Nejčastěji se k tomu používá broušení, přičemž při tomto broušení platí zásada, že se nepoužívají brusné nástroje, v nichž je brusivo spojeno pomocí syntetických pryskyřic, které ve sváru mohou vytvořit pórovitost. Mimo broušení se místo pro svar může třískově opracovávat, včetně ručního sražení hran. Opravovat lze i nitridované díly.

Přídavné svařovací materiály jsou v oblasti struktury přizpůsobeny, zejména těm nejčastěji používaným materiálům pro výrobu forem, mají prakticky stejné chování při leptání svarového kovu, mezivrstvy i svařovaného materiálu; umožňují dobrou obrobitelnost svarového kovu i přechodových oblastí.

Některé svařovací technologie, pro dobrou jakost opravy, vyžadují po opracování svarové plochy, díl ohřát pod popouštěcí teplotu základního materiálu nebo ohřát

alespoň svařovací oblast.

Jedním z hlavních problémů při opravách vstříkovacích forem, respektive jejich tvarových dílů navařováním je buď velký přenos tepelné energie do místa svaru, což má za následek vznik zápalů, změnu struktury, a tedy i metalurgických vlastností původního materiálu nebo křehnutí v místě návaru, včetně deformací. Při navařování elektrickým obloukem dosahuje teplota v místě návaru až cca 500 °C a teplotní ovlivnění zasahuje až do hloubky cca 15 mm.

Při navařování laserem je teplota v bodě návaru cca 30 až 40 °C a nedosahuje dál než do vzdálenosti cca 1,5 mm. To je výhodné z pohledu teplotního ovlivnění okolí svaru, ale někdy to může být problematické z pohledu pevnosti spoje, protože nemusí dojít ke správnému promíchání návarového materiálu se základním materiálem a po určité době dojde k odlomení návaru nebo k jeho popraskání.

Návary je nutno vždy provádět tak, aby se minimalizovala možnost smíšení základního materiálu s navařovaným mimo oblast kladené housenky. Tím se sníží porozita a teplotní ovlivnění okolí svaru.

Z hlediska životnosti navařovaných hran a dělicích rovin jsou opravy tvarových dílů vyrobených z materiálů o tvrdost pod cca 30 HRC problematické. Vstříkovací proces je procesem cyklickým a po vyčerpání elastických deformací nastupují v tvarových dílech vstříkovacích forem deformace plastické a po navaření na takový materiál návar nemá dlouhou životnost – odpadne.

8. 4. 1 Mikropulzní navařování – pulzní mikro TIG

Z pohledu oprav a úprav tvarových dílů vstříkovacích forem se spolu s laserovým navařováním jedná o nejméně destruktivní způsob navařování. Metoda je vhodná prakticky pro všechny typy oprav.

K použití je celá škála přídavných návarových materiálů s tvrdostí od 36 do 63 HRC. Dráty z přídavných materiálů mají průměr od 0,15 do 2,10 mm. Svařovat lze prakticky v kapitole 8.4 uvedené materiály.

Návar vzniká působením mikropulzního elektrického oblouku na materiál tvarového dílu, který se nataví a do místa natavení se přidáním přídavného materiálu vytvoří návar. Jedná se o metody s vysokou flexibilitou, mobilitou a rychlostí procesu

Určitou nevýhodou je, protože se jedná o navařování s wolframovou elektrodou (TIG), že neumožňuje opravy vnitřních hran na těžko přístupných a hlubokých místech.

8. 4. 2 Navařování laserem

Pro technologii navařování laserem platí prakticky všechna již uvedená konstatování jako pro mikro TIG. Výhodou je, že umožňuje svařování i v hlubokých konturách, umožňuje do místa svaru přivádět ochranný plyn, argon.

Přídavné materiály mají podobu drátů o různých průměrech, trubičkových drátů, tyčí, prášků v nastavení měkký, střední, tvrdý.

Svařovací laserový princip využívající velmi tenký teplý paprsek je velmi variabilní a koncentrovaný laserový paprsek přivádí požadovanou energii bez bočního vyzařování přesně do daného svarového bodu.

Pro manuální nebo poloautomatické svařování se používají se pulsační Nd-YAG lasery, pro kontinuální způsoby jsou vhodné lasery diodové nebo CO2 lasery.

Na trhu jsou jak lasery stacionární, tak i s možností transportu k opravované formě.

8. 4. 3 Metoda TIG / WIG

Svařování elektrickým obloukem se provádí netavicí se wolframovou elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu-obvykle argon nebo směs argonu a dalších plynů.

Výhody metody-velmi dobré možnosti dávkování množství svarového kovu-přídavný materiál ve tvaru drátu o různých průměrech, v kombinaci s dobrou regulovatelností elektrického oblouku dává možnost

provádět velmi kvalitní spoje a návary
 Kontrola svarové lázně, dobrá modelovatelnost svarové housenky=spolehlivý svár s minimální nutností dodatečného opracování, svar a jeho okolí je bez rozstřiku svarového kovu, svar je pevný s dobrou difúzí, bez závarů a s minimálními deformacemi.
 Svařované materiály - ocele, bronz, hliník
 Zkratky TIG a WIG vyjadřují v různých jazycích totéž:
 TIG = WIG, Tungsten Inert Gas =
 Wolfram Inert Gas.

8. 4. 4 Metoda MIG / MAG

Při této metodě svařování hoří elektrický oblouk mezi svařovanou součástí a současně se tavícím přídavným materiálem - drátem podávaným automaticky do svařovacího hořáku.

Svařování probíhá pod inertními ochrannými plyny MIG - Al a jeho slitiny, Cu a její slitiny, Ni-argon a směsné plyny Ar+He; pro navařování ocelí se používají aktivní ochranné plyny na bázi směsi argonu a kyslíčnicku uhličitého - MAG.

Výhody - vysoká tavící schopnost, rychlost navařování, jednoduchá obsluha svařovacího zařízení, kontrolovatelnost svařovací lázně, jemnozrnná struktura přechodové oblasti, minimální rozstřik svarového kovu a malé množství tepla vneseného do svařované součásti.

MIG = Metal Inert Gas
 MAG = Metal Active Gas

8. 4. 5 Svařování obalenou elektrodou

Svařování elektrickým obloukem s optimalizovaným složením přísad - kovových prášků - v obalu elektrod, čímž je možno docílit požadovaného chemického složení a mechanických parametrů svarového kovu
 Metoda je to rychlá, jednoduchá, variabilní, ekonomicky nejméně náročná z již uvedených metod

Dává možnost svařování v těžce přístupných nebo hlubokých místech. Svar má dobrou kresbu a málo tepelně ovlivňuje svařovanou součást.

8. 4. 6 Svařování plazmou

Směs plynů se ionizuje v hlavici hořáku a stává se vodivou. Koncentrovaný elektrický oblouk z plyných směsí může mít v jádru teplotu až 15 000 °C.
 Vhodné pro svary na malých plochách s přídavnými dráty o malých průměrech - od 0,3 mm.

8.5 Údržba a opravy horkých systémů vstřikovacích forem

Horké systémy vstřikovacích forem tvoří v konstrukci formy nakupovanou část formy.

V technických podkladech nebo katalogích výrobců a dodavatelů horkých systémů - samostatné horké trysky pro jednonásobné formy; horké trysky, rozváděče různých typů, vstupní horká vtoková vložka; horké trysky otevřené, s torpédem, s teplotním deflektorem; horké trysky těsnící čelo na čelo nebo připevněné k rozvodnému bloku šrouby; horké trysky s uzavíratelnými jehlami a s pohonem jehel hydraulicky, pneumaticky, elektricky atd. - případně celých pevných částí forem s horkým rozvodem obvykle jsou popisy postupu montáže a demontáže systémů, včetně předepsaných utahovacích kroutících momentů na upínacích šroubech a vůlí mezi tryskami, rozváděcím blokem a formou.

Řada výrobců nebo dodavatelů poskytne vyškolené servisní techniky, kteří buď, pro daný typ horkého systému, vyškolí pracovníky údržby nebo sami potřebné úkony provedou.

Opravy horkých systémů se prakticky ve většině případů provádějí výměnným systémem, tj. nákupelem dané součástky, například topení horké trysky, výměnná špička trysky, termočlánek apod.
 Nejčastější poruchou horkých systémů je jejich zastříknutí polymerní taveninou, zkratování topných těles a při demontáži a čištění systému další porušení nebo zničení některých dílů systému. Obvykle problém s horkým systémem je zapříčiněn nedodržení některého interního nebo externího-dodavatelského doporučení pro správný provoz a zacházení s ním.

8.6

Údržba a opravy vstřikovacích forem – čištění hydraulických olejů

Na první pohled se může zdát, že problematika čistoty hydraulických olejů je, z pohledu údržby směřována zejména ke vstřikovacím strojům s pohony hydraulickými čerpadly.

Do tohoto segmentu údržby samozřejmě také udržování čistoty hydraulických olejů zejména patří, ale nemůžeme ho nechat bez povšimnutí ani v oboru vstřikovacích forem.

Jedním z důvodů je, že při nasazení hydraulických pohonů u vstřikovacích forem – hydraulické taháče jader, hydraulické vytáčeční jednotky, hydraulické pohony uzavíracích jehel horkých systémů, systému Dynamic Feed, kaskádové a sekvenční vstřikování, nasazení hydraulických agregátů u forem na vstřikovacích strojích s plně elektrickým pohonem atd. – se sice používá hydraulický olej od vstřikovacího stroje nebo z nádrže hydraulického agregátu, ale u forem se na jeho čistotu kladou minimálně stejné ne-li vyšší požadavky a to zejména z důvodu přesnosti řízení jednotlivých hydraulicky poháněných dílů forem.

Největším přispěvatelem znečištění v oleji jsou mechanické nečistoty a produkty stárnutí, které vytváří lepidlo úsady v podobě pryskyřičné hmoty, která se v hydraulickém systému vrství a lepí na stěny a vytváří překážku volného pohybu šoupátek, pístů, překážku v toku oleje.

8. 6. 1

Metody a principy čištění

Obecně se dá říci, že při čištění hydraulických olejů v oboru vstřikování termoplastů, se používají dvě základní metody:

- elektrostatické čištění
- filtrace typu by pass

8. 6. 1.1

Elektrostatické čištění – ELC

Metoda pracuje na principu Coulombova zákona – hydraulický olej protéká mezi páry elektrod s rozdílem

potenciálů, mezi elektrodami jsou vloženy tvarované vložky-kolektory-na nichž jsou částice nečistot působením elektrostatických sil zachycovány. Kolektory jsou vyměnitelné, jejich kapacita zachycení nečistot je až několik kilogramů.

Zařízení pro elektrostatické čištění z oleje zachycuje každý druh a velikost nečistot, velikosti již od molekulárních rozměrů. Čištění probíhá za plného provozu, bez odstávky čištěného zařízení, čistící stroj odebírá olej z nádrže zařízení.

Čištěním se redukuje negativní projevy zařízení, například trhavé projevy pohybujících se členů, cca až 85 % problémů je způsobeno znečištěním oleje v daném zařízení; pravidelné čištění (cca 1x / rok) prodlužuje životnost oleje, zvyšuje kvalitu výroby, zvyšuje spolehlivost zařízení, snižuje výdaje na výměnu olejů, snižuje prostoje zařízení, snižuje jeho opotřebení, snižuje energetickou náročnost, výdaje za filtry, náhradní díly a práci údržby.

8. 6. 1.2

Filtrace By Pass

Relativně jednoduchý způsob čištění hydraulických olejů, kdy čerpadlo nezávislé na čištěném zařízení, čerpá z jeho nádrže olej přes sadu výměnných filtrů. Filtrací lze zachytit nečistoty od cca 1 μm výše. Výhody tohoto systému jsou prakticky stejné jako u čištění elektrostatického.

8. 6. 1.3

Čištění hydraulických olejů – dehydrátory

V případě, že se do hydraulického systému dostane nežádoucí voda – urychluje jejich stárnutí, zeslabuje účinnost aditiv, působí korozivně, olej napěňuje – jsou nasazovány dehydrátory, což jsou v principu filtry nebo molekulová síta-sorbenty, které z oleje vodu odstraní. Používá se i vakuová separace nebo separace v odstředivkách. Výhodou dehydrátorů je, že odstraní vodu z hydraulického oleje a zároveň vysuší celý hydraulický systém – sváry, šroubení, potrubí atd. Stejně jako u čistících zařízení i dehydrátory se zapojují do nádrže,

provazují se bez odstavení zařízení, nemají vliv na aditiva v oleji obsažená a tepelně olej neovlivňují.

8. 6. 1.4

Čištění hydraulických olejů – hodnocení jejich čistoty

Obecně je možno k hodnocení čistoty hydraulických olejů přistupovat dvěma způsoby:

- **provozní diagnostika** – vakuová membránová filtrace, kdy se metodou MPC stanovuje potenciál k tvorbě úsad, vyhodnocuje se množství nerozpustných nečistot v oleji; metoda RULLER – stanovení množství antioxidantů v oleji, tj. stanovení životnosti oleje stanovením hladiny antioxidantů při porovnání s novým olejem
- **podrobnější rozbor** v certifikované tribologické laboratoři s protokolem a výsledkem hodnocení.

8. 6. 1.5

Odpadní ropné produkty a jejich regenerace

Upotřebené hydraulické oleje, dnes představují druhou surovinu, která se dále recykluje a po recyklaci opět využívá, což má významný environmentální dopad. Firmy používající hydraulické a další oleje mají ze zákona o odpadech povinnost předcházet vzniku odpadů a omezovat jejich množství.

Recyklace upotřebených hydraulických olejů je souhrn technologických procesů, které umožní návrat oleje do stávající nebo nové aplikace. Recyklace zahrnuje jak regeneraci, tak i ošetřování oleje – viz kapitoly 8.6.1.1 až 8.6.1.4.

Výměna oleje za nový se provádí podle počtu provozních hodin zařízení určených jeho výrobcem, kdy se předpokládá, že jakostní parametry oleje, i přes jeho pravidelnou regeneraci, již překročili hranici pro bezpečné provozování daného zařízení.

9. Závěr

Jak je z předešlého textu zřejmé, v plné míře platí konstatování uvedené v první kapitole: **cena formy je známá až v okamžiku, kdy je forma vyřazena z výroby.**

Proto je nutno všem výše uvedeným krokům, postupům atd. věnovat příslušnou pozornost, což ve výsledku, kterým je spolehlivý a finančně efektivní provoz formy, vede ke zvýšení konkurenceschopnosti firmy a možnosti získání nových zakázek.