

UŽITÍ POLYMERŮ PRO TEPELNÉM ZPRACOVÁNÍ OCELÍ

THE USE OF POLYMER QUENCHING MEDIA IN HEAT TREATMENT OF STEELS

Filip Vráblík, Ing., Pavel Stolař, Ing. CSc., Rainer Braun, Dipl-Ing, ECOSOND, s.r.o.,
K Vodárně 531, 257 22 Čerčany, Česká republika, tel./fax: 317 777 772-5, e-mail:
vrablik@ecosond.cz, Burgdorf GmbH & Co., Birkenwaldstraße 94, Stuttgart, Německo, e-mail:
mail@burgdorf-kg.de

ABSTRACT

The importance of quenching into the polymer solutions currently increases. The polymer solution is able to replace the quenching oil for quenching wide range of hardened materials, even some sensitive tool steels. The big advantage is the possibility to change the cooling rate, according to the hardened material, by means of the used concentration of the polymer solution. The polymer solutions are more environmentally friendly and economic costs are lower compared with the quenching oil. In this paper you can find the basic overview of the polymer solutions and their use in the heat treatment field.

ÚVOD

Během ochlazování v kapalném médiu, např. ve vodě, roztoku polymeru nebo v oleji, dochází ke třem fázím ochlazování. V první fázi se vytvoří během krátké doby značný objem páry, která po počátečním velmi rychlém ochlazení součásti tuto součást izoluje. Nastane tzv. perioda parního polštáře, během které je rychlost ochlazování součásti velmi pomalá. Po určité době se izolující parní polštář od součásti odtrhne a součást je ochlazována intenzivním varem kapaliny.

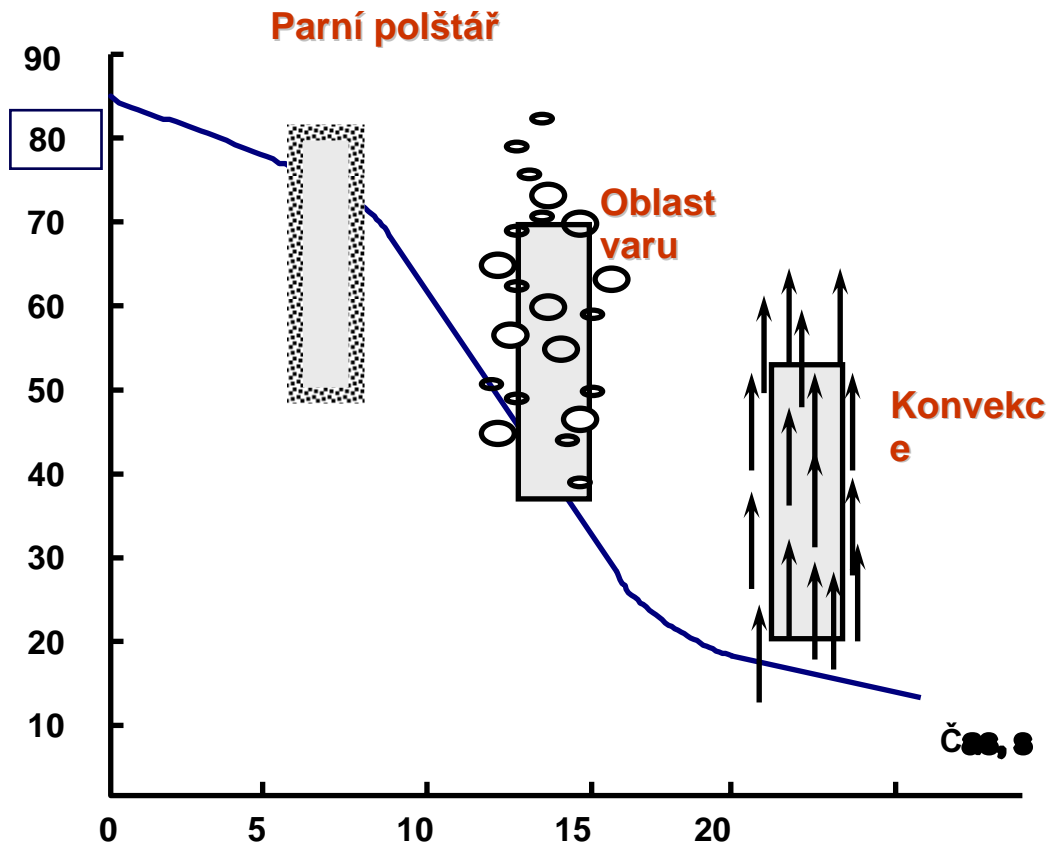
Ochlazovací mohutnost je dána skupenským teplem vypařování. Po skončení intenzivní fáze varu ochlazování dále pokračuje poměrně pomalu mechanismem konvekce - proudění. Všechny tři fáze jsou patrné na obr. 1.

V roztoku polymeru dochází k pokrytí povrchu součásti tenkou vrstvou polymeru. Tenká vrstva polymeru zabraňuje odtrhávání parního polštáře od povrchu kalené součásti. To výrazně snižuje rychlost ochlazování ve srovnání s vodou. Stejný mechanismus probíhá také v oblasti varu, během které se zpomaluje var a tím i odvod tepla a rychlost ochlazování.

S rostoucí koncentrací se intenzita tohoto jevu zvyšuje. Proto se s koncentrací polymeru ochlazovací rychlost ochlazování ve všech fázích snižuje.

V konvekční fázi rovněž dojde k mírnému zpomalení proudění a tím i snížení rychlosti ochlazování. Během konvekční fáze se polymer z povrchu materiálu zpětně rozpouští do kalicí lázně.

Teplota °C



Obr. 1. Tři fáze kalení v roztoku polymeru

Výhody a nevýhody používání polymerů pro tepelné zpracování

Při nahrazování oleje polymerem je nutné zvažovat všechny výhody a nevýhody obou postupů:

- Polymer není hořlavý.
- Snižuje se riziko kontaminace životního prostředí při úniku kalicího prostředku.
- Nevzniká olejová pára, kouř ani saze při kalení.
- Dochází ke snížení zdravotního rizika.
- Lze měnit ochlazovací schopnost roztoku v závislosti na koncentraci polymeru ve vodě.
- Na povrchu kalených součástí nevzniká spálený olej - karbon, který by jejich povrch znečišťoval a způsobil vývoj kouře při popouštění.
- Je možné zcela vypustit proces praní, protože zbytky polymeru při dostatečně vysokých teplotách popouštění shoří na oxid uhličitý a vodní páru.
- Cena kalicí lázně i provozu je nižší.
- Kalicí lázně na bázi polymeru jsou náročnější na kontrolu.
- Vodní roztoky polymerů nejsou vhodné pro uzavřené kalicí lázně, např. pro víceúčelové pece.
- Je nutné počítat s mírně vyšší deformací součástí ve srovnání s olejem. Deformace je však výrazně menší než po kalení do vody. S rostoucí hmotností součástí tato nevýhoda ztrácí na významu.

- Vyšší opotřebení kalících přípravků - cena přípravků nehraje příliš velkou roli u velkých součástí (kliky, hřídele atd.).
- Životnost lázně závisí především na udržování čistoty lázně.

TYPY POLYMERŮ PRO RŮZNÁ POUŽITÍ

Polymery na bázi polyvinylalkoholů

U tohoto typu polymeru se velmi špatně sleduje koncentrace polymeru, který se v podobě pryskyřice nalepuje na kalené díly.

Používány jsou proto minimálně, jsou nahrazeny polyalkylenglykoly, v důsledku jejich snadnější údržby a vyšší životnosti.

Polymery na bázi polyalkylenglykolu - PAG

Polymery na bázi **polyalkylenglykolů (PAG)** jsou stabilní proti degradaci, mají relativně nízké výnosy za optimálních podmínek při používání. S ohledem na svojí poměrně vysokou cenu jsou používány zejména pro ochlazování po indukčním ohřevu, kde je množství ochlazovacího polymeru v zařízení poměrně nízké. Použití v objemných kalících lázních je v zásadě možné, nicméně je poměrně neobvyklé. Mezi tyto prostředky patří např. **Serviscol 98**.

Do stejné skupiny polymerů na bázi PAG patří i prostředek **Polyquench 500D**. Použití pro kalení ponorem je však u tohoto přípravku známé a častější. Ochlazovací schopnost leží v závislosti na koncentraci přípravku ve vodě opět mezi olejem a vodou.

Prostředky na bázi polyvinylpyrrolidonu - PVP

Jako prostředky nahrazující kalení v oleji jsou doporučovány přípravky na bázi polyvinylpyrrolidonu - PVP. V závislosti na koncentraci PVP ve vodě je možné dosáhnout ochlazovacích účinků srovnatelných s olejovou lázní. Jako reprezentant tohoto typu je možné uvést **Polyquench VP85KB**, jehož technické vlastnosti jsou uvedeny v tabulce. [1]

Barva	Světle žlutá, zkalená
Hustota při 20°C	1,044 g/cm ³
Viskozita při 20°C	1580 mm ² /s
pH – (10%)	8,3
Doporučená teplota	20-50 °C
Doporučená koncentrace	8-30 %

Tab 1: Přehled některých typů sond používaných na měření ochlazovací schopnosti kapalných kalících médií

Přípravek je vhodný pro zušlechťování legovaných ocelí, při vhodné úpravě technologie kalení je možné použít i pro zušlechťování vysokolegovaných ocelí s vysokou náchylností k praskání. Přípravek lze velmi dobře použít i pro vytahování z lázně za tepla, protože zplodiny nejsou závadné a nezapáchají. Tím se zvyšuje rozsah jeho použitelnosti. Jsou známy aplikace i pro velké součásti a v lázních o objemu až 100 m³.

Prostředky na bázi polyakrylátů

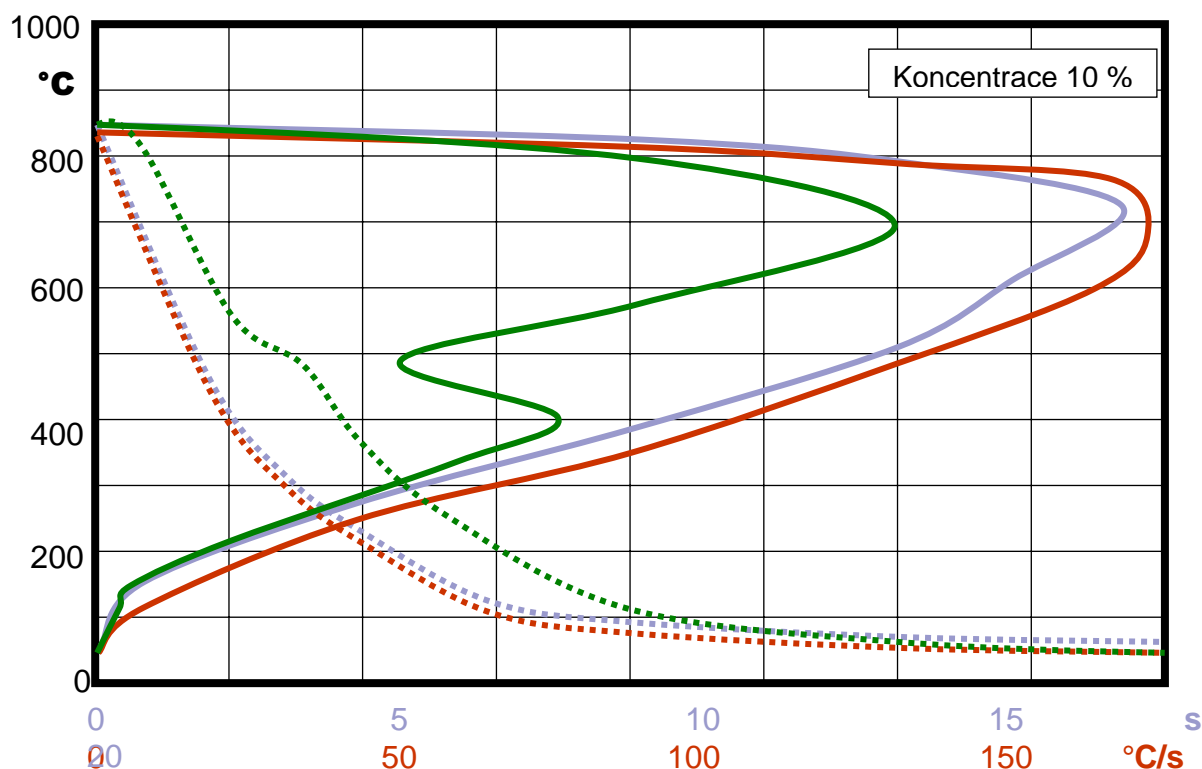
Jejich význam klesá s ohledem na podezření na zdravotní závadnost monomeru akrylátu, ačkoli při jejich vysoké koncentraci je možné dosáhnout velmi nízké ochlazovací schopnosti, která je srovnatelná i s velmi pomalými oleji.

Srovnání ochlazovacích rychlostí jednotlivých typů médií

Rychlost ochlazování při teplotě 300 °C (střední teplota Ms) různých typů ochlazovacích prostředků je uvedena v tabulce 1.[1,2]

Kalící prostředek	Ochlazovací rychlost při 300 °C/s
Polyalkylenglykol (PAG)	40 -60
Akrylát ACR	15 – 25
Polyvinylpyrrolidon	15 – 25
Normální minerální olej	10 – 20

Tab. 2. Závislost ochlazovací rychlosti při 300 °C na typu ochlazovacího média

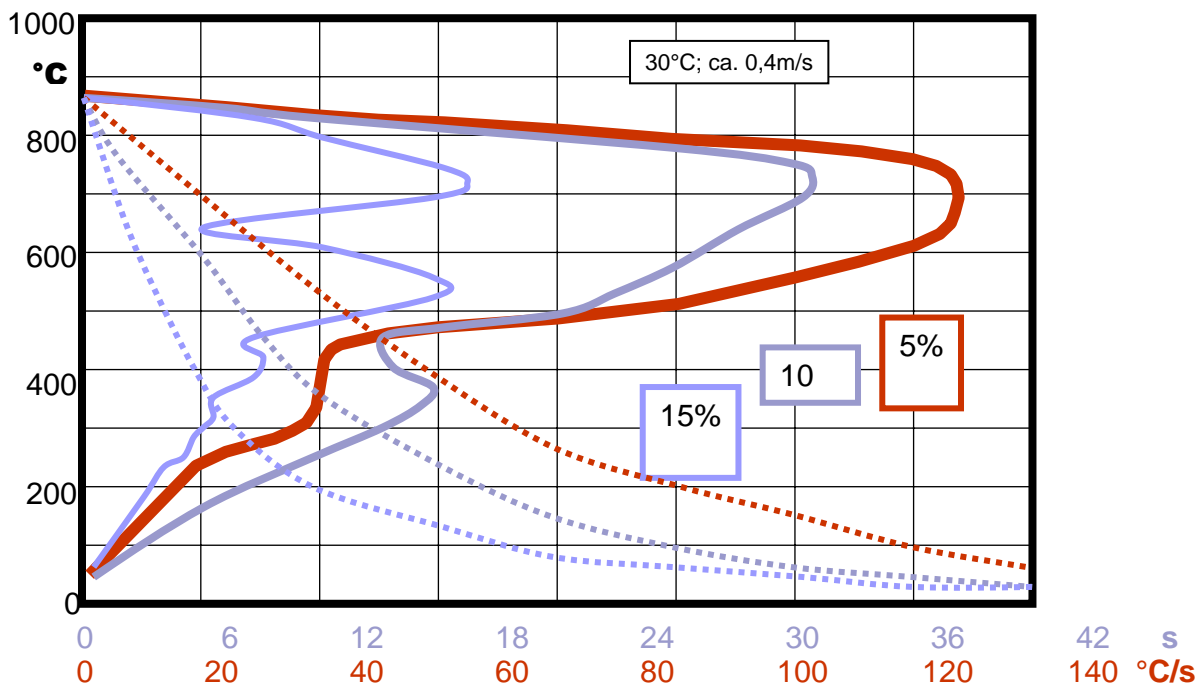


Obr. 2. Ochlazovací rychlost různých typů polymerů o stejné koncentraci 10 %.

ZÁVISLOST RYCHLOSTI OCHLAZOVÁNÍ NA KONCENTRACI POLYMERU

Rychlost ochlazování roztoku polymeru je výrazně závislá na jeho koncentraci. S rostoucí koncentrací polymeru jsou na křivce ochlazování vidět následující změny, obr. 3. :

- prodlužuje se období parního polštáře a zpožďuje se nástup ochlazování varem
- snižuje se maximální ochlazovací rychlost
- mírně se snižuje teplota maximální ochlazovací rychlosti
- snižuje se celkové odvedené teplo za časovou jednotku - zmenšuje se plocha pod křivkou ochlazování
- u 15 – 20 % roztoku dochází ke zpomalování utržívání parního polštáře, což má za následek rozkolísání ochlazovací rychlosti polymeru.[1,2]



Obr. 3. Ochlazovací rychlost roztoku polymeru v závislosti na jeho koncentraci

Jakost	Průměr[mm]	Kalicí teplota [°C]	Kalicí médium	Popouštění	Tvrдость HB
39NiCrMo3	210	870	Polymer 12%	630 °C, 7hod.	252-256 jádro 244
34CrNiMo8	160	870	Polymer 12%	620 °C, 6,5 hod.	326-331 jádro 300
X12Cr13	205	980	Polymer 14%	720 °C, 7 hod.	219-223 jádro 202
817M40	260	860	Polymer 12%	610 °C, 7,5 hod.	261-265

Tab. 3.Příklad materiálů kalených do polymeru Polyquenč VP85KB

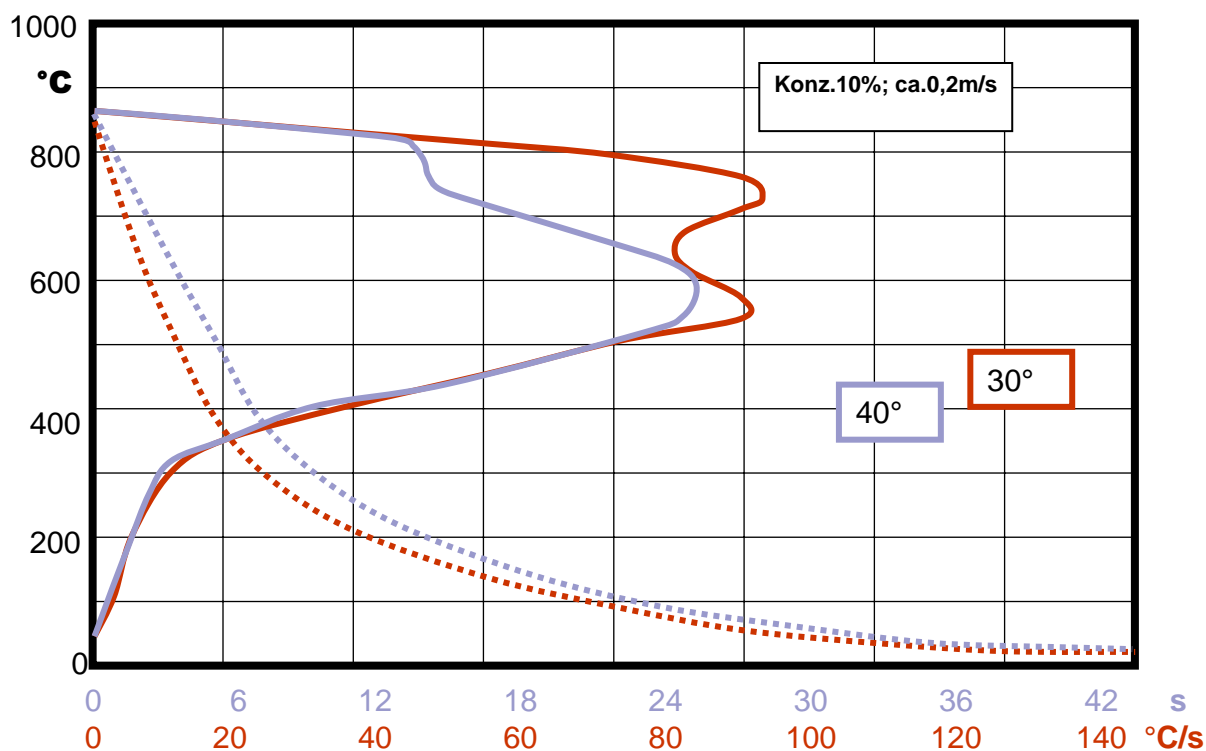
VLIV TEPLoty POLYMERU NA JEHO OCHLAZOVACÍ RYCHLOST

Z literatury je známá skutečnost, že ochlazovací rychlost polymeru závisí také výrazně na teplotě lázně. Teplotní závislost je dána poměrně nízkou teplotou vypařování vodního roztoku ve srovnání s olejem. Je patrná výrazná teplotní závislost průběhu ochlazování na výchozí teplotě

lázně. Z obrázku 4 je zřejmé, že při zvýšení teploty lázně z 30 na 40 °C dochází ke změně ochlazovací rychlosti. Při ještě vyšší teplotě dochází k výraznému snížení rychlosti ochlazování v důsledku velmi dobré izolační schopnosti parního polštáře, jehož stabilita s rostoucí teplotou výchozí teploty polymeru výrazně roste. Při teplotách blízcích se bodu varu roztoku se ochlazování prakticky zastavuje.

Při teplotě roztoku polymeru nižší než 20 °C a vyšší než 60 °C dochází rovněž k nalepování polymeru na součást a k významnému zvýšení výnosu polymeru na zboží z lázně.

Chlazení lázně je potřeba provést tak, aby ani při nejhustěji uspořádané vsázce teplota nestoupla nad výše uvedené hodnoty. Mezi jednotlivými cykly ochlazování se musí teplota lázně vrátit na výchozí teplotu.[1]



Obr. 4. Ochlazovací rychlost roztoku polymeru v závislosti na teplotě lázně

Kontrola koncentrace polymerických kalících lázní

Kontrola koncentrace se provádí dvěma metodami. První z nich je metoda refraktometrická, využívající optické vlastnosti polymeru, který způsobuje lom procházejícího světla. Intenzita tohoto jevu se zvyšuje s koncentrací roztoku polymeru. U čerstvých roztoků kalících polymerů může být koncentrace měřena přesně a jednoduše pomocí ručního refraktometru. U použitých roztoků dochází postupně k nárůstu odchylky mezi měřenou koncentrací a koncentrací účinné složky polymeru. To je způsobeno vnesenými nečistotami, termickým rozkladem substance polymeru a dodatečným přidavkem prostředku chránícího proti korozi. Se stářím roztoku polymeru klesá přesnost měření pomocí refraktometru, až dochází tak k výrazným odchylkám. Aby bylo možné přesto nastavit konstantní kalící účinek polymeru, doporučuje se provádět kontrolu koncentrace použitých roztoků pomocí měření viskozity. Jednoduchá provozní metoda pro tyto účely je měření viskozity pomocí výtokového kelímku. Výtokový kelímek se při zacpané výtokové trysce naplní až po okraj roztokem polymeru. Potom

se tryska uvolní a měří se doba, za kterou obsah kelímku vyteče, tj. do okamžiku, kdy se paprsek kapaliny poprvé přetrhne.

Během měření se kelímek musí držet klidně a ve vodorovné poloze - případně za použití kruhového stativu.

Příprava roztoků kalících polymeru v lázni a péče o lázeň

Kalící roztok polymeru se připravuje z čisté pitné vody o tvrdosti nepřesahující 20 °dH nebo s výhodou z vody demineralizované. Zásadně by se neměla používat studniční voda obsahující chloridy, sírany a jiné cizí látky nebo mikroorganismy. Použití takovéto nekvalitní vody může vést k zásadním problémům s korozí nádrže a k významnému zkrácení životnosti roztoku. Úspory nákladů na vodu neodpovídají v žádném případě riziku spojenému s použitím nevhodné vody.

Kontrola koncentrace se provádí u všech roztoků polymerů nahrazujících olej (Polyquench 500 a Polyquench VP85KB) prostřednictvím měření viskozity, ať již laboratorní metodou DIN 51 562 nebo provozní metodou využívající výtokový kelímek přímo u zařízení (nízké náklady). Dále se doporučuje provést příležitostně kontrolu hodnoty pH, např. pomocí indikátorového papírku a kontrolu obsahu bakterií (zejména při nízkých koncentracích).

Cirkulace lázně

Cirkulace kalící lázně je při použití polymerů obzvláště důležitá. V některých publikacích se doporučuje, aby celý obsah lázně prošel při cirkulaci čerpadly nejméně jednou za minutu. Dále je důležité, aby na kaleném zboží, a to i uvnitř vsázky, byla dosažena rychlost proudění nejméně

0,8 m/s. Toho lze dosáhnout u větších kalících lázní nejnadhěji systémem turbín, případně v kombinaci s vodícími kanály nebo vodícími plechy. Silná cirkulace je tím důležitější, čím větší je měrný povrch kalené vsázky a čím hustěji jsou uspořádány díly uvnitř vsázky.

Pro dobrou cirkulaci je možné použít i vkládaných vrtulí. Je zřejmé, že cirkulaci lázně je lépe předimenzovat. Rychlost cirkulace lze také efektivně řídit frekvenčními měniči. Cirkulaci je nutné provádět ze spodu směrem vzhůru. Cirkulaci je nutné provádět i v době mimo pravidelné kalení, aby se zaručilo okysličování lázně a zabránilo se tak rozvoji anaerobních bakterií a rozkladu lázně - zejména v letních měsících, minimálně 1x/2 hodiny.[1]

Životnost lázně

Lázně POLYQUENCH dosahují při správném použití a péči dlouhodobé životnosti, která je analogická jako u vysokovýkonných olejů. Lázně proto není nutné v krátkých intervalech cyklicky obnovovat. Důležité je však udržovat lázeň v čistotě, protože jakékoli znečištění snižuje významně životnost lázně. V případě znečištění bakteriemi, je možné přidávat do lázně bakteriocidy. Efektivnější však je lázeň pravidelně provzdušňovat, a to i v době pracovního klidu.

Proti pění lázně je možné rovněž použít defoamanty. Tendence k pění je však rovněž spojená s nečistotou lázně.

Je možné konstatovat, že čím více je lázeň v činnosti, tím větší je její životnost. Likvidační je pro lázeň zejména nečinnost a pokrytí lázně olejovou vrstvou zabraňující oxidaci lázně. Životnost lázně závisí tedy především na údržbě. Při pravidelném doplňování lázně na požadovanou koncentraci dochází také k obnově protikoročních vlastností polymeru. Prvotním

projevem možného kolapsu je tvorba pěny. Dobře ošetřovaná lázeň vydrží až 10 let. Špatně ošetřovaná lázeň při teplém počasí může zdegradovat během několika týdnů.

ZÁVĚR

Použití polymeru představuje ekonomicky, technologicky i ekologicky výhodnou alternativu ke kalení do oleje. Volbou koncentrace polymeru je možné přizpůsobit ochlazovací schopnost polymeru kvalitě materiálu, jeho průřezu a dosáhnout tak dobrého prokalení s minimálním rizikem vzniku kalících trhlin. Z tab.5 vyplývá, že lze kalit i choulostivější vysokolegované materiály bez vzniku povrchových trhlin.

Polymery představují velmi zajímavou možnost kalení po indukčním ohřevu použít. Kontrolu kalícího polymeru je však nutné provádět ve specializovaných laboratořích, které jsou pro kontrolu polymerů vybaveny. Za nejdůležitější parametry z hlediska použití a životnosti kalícího polymeru jsou koncentrace, elektrická vodivost, celková tvrdost, přítomnost bakterií a kalící charakteristika.

Literatura:

- 1 - E.H. Burgdorf: Flüssige Abschreckmittel, Prüfung und Überwachung; Zeitschrift für Metallbearbeitung 73.Jhrg.(1979) 9
- 2 - IVF QUENCHOTEST, Kundeninformation IVF Göteborg
- 3 - Handbook of Quenchants and Quenching technology