

Proudění tepla při přetavení

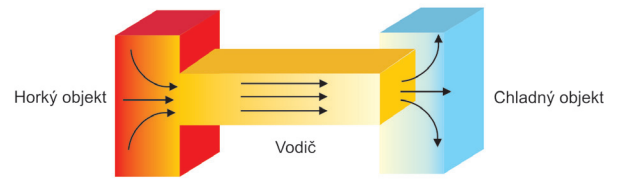
Ing. Martin Abel

V druhém článku o problematice „jak získat nejlepší teplotní profil“ probereme proudění tepla a jeho vliv na teplotu zahřívání produktu.

Často nepochopenou koncepcí v oboru pájení přetavením je proudění tepla a jeho vliv na teplotu zahřívání produktu. Řízení procesu pájení v přetavovací peci vyžaduje nejen kontrolu teploty, nýbrž také kontrolu tepelného toku. Vzhledem k tomu, že proudění tepla zvyšuje teplotu objektů, měření schopnosti pece zvyšovat teplotu pevných objektů s tepelnou kapacitou vám umožní detekovat změny tepelného toku. Sledováním nárůstu teploty ve hmotě po pevně stanovenou dobu můžete zjistit, zda bylo do hmoty přeneseno stejné množství tepla. Takové měření v kombinaci s okolní teplotou umožňuje daleko komplexnější hodnocení přetavovací pece. Pouze znalost schopnosti pece vést teplo vám dá jistotu, že pec bude zahřívát obvodové desky vždy stejnou rychlostí a na stejnou teplotu. Tím je zajištěna maximální výtěžnost a kvalita procesu přetavení.

Klíčové body:

- Pro správný přístup k hodnocení účinného tepelného ohřevu je nutno měřit jak tepelný proud, tak okolní teplotu.
- Sledováním nárůstu teploty ve známé hmotě po pevně stanovenou dobu můžete zjistit, zda bylo do hmoty přeneseno vždy stejné množství tepla.



Obr. 2 Co ovlivňuje tepelný tok?

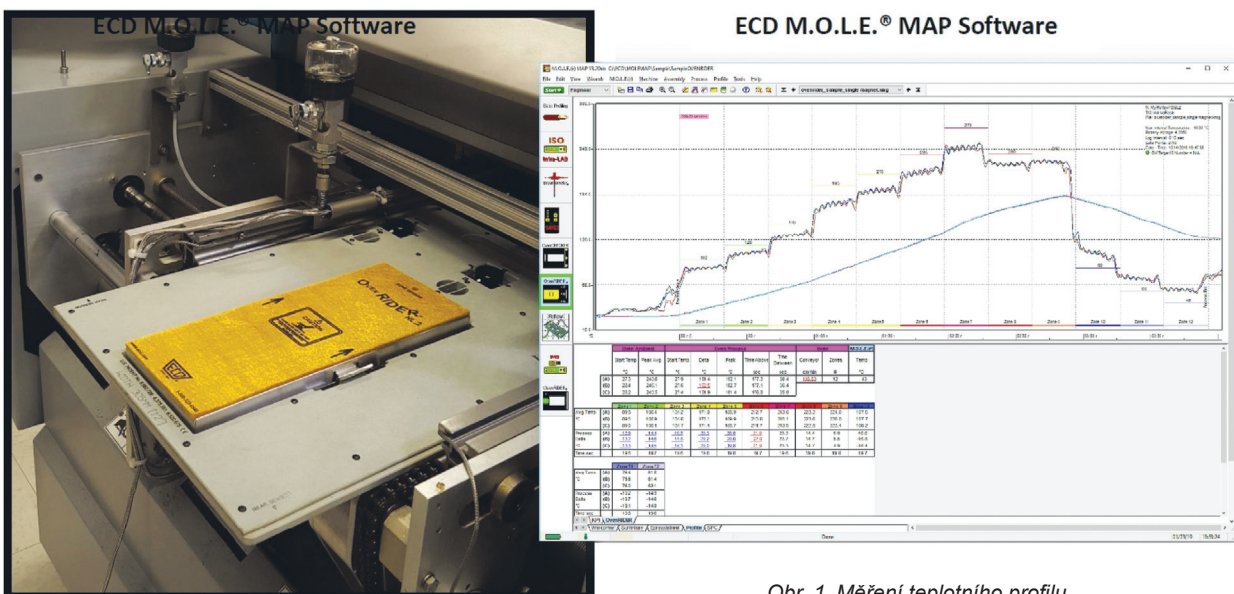
- Existují účinné nástroje, jež mohou měřit jak teplotu okolí, tak tepelného proudu.

Na základě fyzikálních zákonů víme, jakým způsobem energie do látky vstupuje a z ní vystupuje. Dále pak víme, že jestliže se horký materiál ochlazuje, chladný materiál se zahřívá. Znamená to, že se energie přesouvá z jedné věci do druhé a že tato energie ovlivňuje měřitelnou teplotu těchto věcí. Je to energetický tok nebo tepelný tok. K energetickému toku dochází, jestliže se energie přesouvá z jednoho objektu na jiný prostřednictvím nějakého vodiče. K řízenému energetickému toku tudíž dochází mezi dvěma objekty, vodič funguje jako most umožňující proudění energie. Energie vždy proudí vodičem z objektu s vysokou energií do objektu s nízkou energií.

■ Teplo „proudí“ z tepla do chladu

Množství proudícího tepla závisí na stejných základních faktorech jako energetický tok, my pouze snímáme jeho účinky měřením rozdílů teplot. Stejně jako u vysokoenergetických objektů předávajících svoji energii nízkoenergetickým objektům prostřednictvím vodiče k tepelnému toku dochází, jestliže horký objekt přenáší teplo vodičem na objekt chladný.

Kvalita vodiče určuje, jak rychle a jaké množství tepla se přenesou. Pokud se žádné teplo neztratí do okolí, objekty a vodič na obrázku výše by se ustálily na hodnotě rovnající



Obr. 1 Měření teplotního profilu

se polovině teplotního rozdílu nad chladným objektem nebo pod horkým objektem. Kvalita vodiče by pak ovlivňovala pouze dobu, kterou tepelný tok potřebuje k vyrovnání těchto dvou teplot.

Tepelný tok je tudíž ovlivňován rozdílem teplot mezi horkým a chladným objektem a kvalitou vodiče. Čím je rozdíl teplot větší, tím je tepelný tok rychlejší, a čím je větší vodivost vodiče, tím je také tepelný tok rychlejší.

■ V přetavovací peci je tepelný tok důležitý

Hlavní rozdíl mezi přetavovací pecí a popisem tepelného toku výše spočívá v tom, že horký objekt má trvalý přísun energie za předpokladu, že se nepokusíte odebírat víc, než je možno dodávat. Tato energetická úroveň je zachována udržováním horkého objektu na konstantní teplotě.

Většina regulátorů pece udržuje teplotu velmi dobře, avšak zásobování obvodové desky energií závisí na způsobu vedení. Jinak řečeno, jak kvalitní je vodič mezi horkým objektem (vytápěním pece) a chladným objektem (vaší obvodovou deskou)? Metody zdokonalování tohoto vodiče se vyvíjely u výrobců pece mnoho let. Toto jsou tři obecné způsoby vedení tepla mezi topením v peci (zdrojem tepla) a obvodovými deskami (chladičem):

1. Infračervené záření (IR)

Infračervené záření závisí převážně na vedení tepla prostřednictvím elektromagnetického záření, podobně jako je tomu na slunci. To je užitečné v případě, že celý zahříváný povrch pohlcuje zářivou energii přesně stejným způsobem a přesně stejnou rychlostí. Hlavní nevýhodou je, že kvůli kompenzaci neúčinnosti této metody přenosu tepla bývá zdroj tepla často nastaven na podstatně vyšší teplotu, než je požadovaná teplota tavení pájky na obvodové desce. Navíc součástky na vaší obvodové desce pohlcují zářivou energii různými rychlostmi (emisivita), tzn. zatímco jedna součástka se může zahřívat velmi málo, jiná může být přehřívána, protože absorbuje zářivou energii velmi dobře. Toto nerovnoměrné pohlcování tepla velmi ztěžuje volbu teploty zdroje tepla tak, aby vyhovovala různým absorpčním rychlostem různých součástek na typické obvodové desce.

2. Parní fáze (horká kapalina)

Vedení tepla v parní fázi je díky své vysoké vodivosti a tepelné kapacitě jednou z nejlepších metod, která se uvolňuje při přeměně páry na kapalinu. Kromě toho je zde schopnost přizpůsobit se nepravidelnému tvaru obvodové desky. Tato metoda vedení tepla ve strojích pro pájení přetavením v současné době prožívá svůj návrat na scénu.

3. Konvekce (horký vzduch)

Konvekce byla velmi oblíbená, protože se dovede přizpůsobit tvaru desky. Jako vodič se zde používá horký vzduch (nebo dusík), avšak s jedním vylepšením: konvekční ventilátory, které ženou zahřátý vzduch od tepelného zdroje k chladiči. Tato kombinace vzdušného vodiče a pohybu vzduchu se nazývá konvekce. Největším přínosem konvekce je to, že vám umožňuje snížit teplotu zdroje tepla, protože pohyb vzduchu vytváří účinnější systém proudění tepla.

4. Přímé vedení (kovová deska)

Použití média pro přímé vedení, jako je kovová deska, je účinné, avšak je praktické pouze v případě, že zahříváný povrch je rovný.

■ Co z toho vyplývá?

Tepelný tok způsobí zahřátí obvodových desek v peci. V tomto případě je pec zdrojem tepla; pohybující se vzduch je vodičem dodávajícím vzduchu energii a přivádějícím teplo do obvodové desky (chladiče).

V konvekční peci je teplo dodáno do obvodové desky pohybujícím se vzduchem.

Díky vyšší vodivosti vytvářené pohybujícím se vzduchem stačí nižší teploty pece k tomu, aby obvodová deska dosáhla požadované teploty rovnoměrněji, protože přiváděné teplo není závislé na schopnosti součástky pohlcovat zářivou energii. Teplo se přivádí do obvodové desky tak rychle, jak je pohybující se vzduch dokáže dodávat.

Stačí zvýšit teplotu pro zvýšení tepelného toku? Ano, avšak vzniká tím možnost poškození obvodových desek. Po dostatečně dlouhé době obvodové desky dosáhnou teploty zdroje tepla. Je-li tato teplota podstatně vyšší, než jsou stanovené limity pro vaše součástky, poškodíte je. Jinou možností

180 x 55 mm

pro zvýšení tepelného toku je nastavení teploty na přijatelnou úroveň a zvýšení pouze průtoku vzduchu.

■ Jak je možno měřit tepelný tok?

Tepelný tok je možno snadno pochopit, ale obtížně měřit. Je tomu tak proto, že vodič tepelného toku (vzduch) hraje při určování velikosti protékajícího tepla stejnou roli jako teplota. U tepla je vodičem cokoliv. Není jednoduché říci, kam teplo přichází; šíří se kamkoliv. Takže nedokážete říci, kolik vaše topení spotřebuje energie k zahřívání obvodových desek, i když jsou topná tělesa téměř stoprocentně účinná při přeměně elektrické energie na teplo. Energie do pece tudíž není energií přenášenu do obvodových desek, protože její velká část přechází do místnosti, do odsávání a určitá část i do vás.

Výsledkem je, že měření tepelného toku nabylo formy velmi citlivých sond, jež měří rozdíl teploty mezi povrchy tenkých vrstev. Tato měření se převádějí na množství energie ve wattech na čtvereční centimetr. Typické hodnoty tepelného toku ve strojích na pájení přetavením z horních topných zón na povrch obvodové desky se pohybují v rozsahu $0,1 \div 0,7 \text{ W/cm}^2$. Tato hodnota při průchodu pecí klesá, protože obvodové desky se zahřívají a snižují teplotní rozdíl mezi topným tělesem a obvodovými deskami. To přirozeně snižuje tepelný tok, protože teplo postupuje od horkého k chladnému, a chladné chybí, není již důvod pro proudění tepla – tepelný tok končí.

Pochopení skutečnosti, že teplota pece samotná „nevytváří teplotní profil“, je zcela zásadní pro to, aby vaše pec konzistentně reprodukovala dobrý teplotní profil. Teplotní profil, s nímž se obvodová deska setkává jakožto výsledkem vašich nastavených hodnot pece, závisí na nastavené teplotě a na kapacitě tepelného proudění vaší pece. Pro ilustraci této skutečnosti byly na stejné obvodové desce spuštěny dva tepelné profily, přičemž rychlost proudění vzduchu v peci byl jediný měnící se parametr. Tepelný profil při nízkém proudění je výrazně nižší než týž profil při vysokém proudění, zatímco nastavená teplota zóny pece zůstala stejná. To neznamená, že kapacita tepelného proudění má být velká, ale musí být konzistentní. Malé změny tepelného toku mohou způsobit změnu teploty na obvodové desce, ačkoliv teplota pece zůstává stejná. Měřicí zařízení, jež může poskytovat smysluplné informace o tepelném toku i o teplotě vám dovolí porozumět jak peci, tak její funkci.

Společnost ECD nabízí teplotní profiloměry pro řízení procesu pájení v přetavovací peci. Protože proudění tepla je příčinou zvyšování teploty, měření schopnosti pece zvýšit teplotu pevných objektů s tepelnou kapacitou vám umožní detekovat změny tepelného toku. Díky sledování nárůstu teploty ve hmotě po pevně stanovenou dobu můžete zjistit, zda bylo do hmoty přeneseno stejné množství tepla. Takové měření v kombinaci s okolní teplotou poskytuje daleko komplexnější profil přetavovací pece. Jedině pokud znáte kapacitu tepelného toku v peci, budete mít jistotu, že pec bude zahřívát vaše obvodové desky vždy stejnou rychlostí a na stejnou teplotu.

www.abetec.cz/ecc

180 x 115 mm