

# Tři úrovně řízení výrobního procesu při měření teplotního profilu

Na dnešním trhu s elektronikou, kde je nutné vyhovět stále složitějším a různorodějším požadavkům a současně snižovat počet vývojových cyklů a zvyšovat výkon, je stále důležitější, aby se produkty vyráběly způsobem se správným řízením výrobního procesu a v rámci přísných omezení.

Aby bylo zaručeno správné připájení součástek při dodržení procesních parametrů, je naprosto nezbytné ovládat teplotu. Výroba elektronických sestav bez známého teplotního profilu je nežádoucí, protože „to, co neměříte, nemůžete řídit“. Bez správného řízení profilu může dojít k zvýšení nákladů na opravy a potenciálně to může vést i k předčasným defektům v provozu. Dnes se běžně používají tři úrovně řízení procesů, všechny s rozdílnými výhodami a nedostatky, počínaje tradiční metodou měření pomocí zkušební desky až po pokročilé automatické profilovací systémy. Měření teplotního profilu v průběhu let výrazně pokročilo a nyní nabízí přesné profily, které pomáhají při rozvoji technologie výroby.

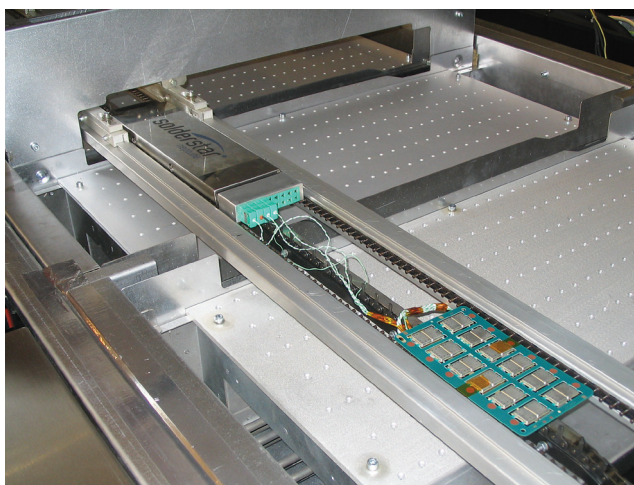
## Klasické profiloměry

Metoda, při které profiloměr projíždí pecí k zajištění správného nastavení stroje, je důležitá. Mít k dispozici zkušební desku k provedení počátečního nastavení profilu je i nyní zcela zásadní požadavek. Termočlánky se umístí na kritické součástky na desce a při průchodu pecí probíhá měření, které zajistí, aby teplotní profil odpovídal tomu žádanému.

Se zaváděním složitějších elektronických sestav, nebo když se jedná o velké objemy mobilních telefonů či tabletů, už ale tento postup nestačí. Kontrolu profilu pece je nutné provádět mnohem častěji. Používání zkušební desky ke kontrole

probíhajícího procesu je náchylné k chybám a vede k vzniku falešných poplachů nebo k získání dat měření se zcela nedostatečnou opakovatelností či přesností.

Hlavní problém této metody spočívá v zachování zkušební desky v provozuschopném stavu. Termočlávkové senzory používané k určení profilu během počáteční fáze musejí rychle reagovat na změnu teploty a přitom nesmějí ovlivňovat měření. V důsledku toho jsou již ze své podstaty lehce zranitelné a je nutné je často vyměňovat – to je jednak časově náročné a jednak to může způsobovat



Obr. 1 Tradiční způsob měření teplotního profilu v pájecím zařízení

problémy s opakovatelností měření. I samotné připojení senzorů může působit potíže, protože mohou být na desce umístěny nesprávně nebo mohou odpadnout, případně se zachytit ve stroji. Kromě toho, že opakované testy poškozují DPS, což vede k nepřesnostem v měření, má tato metoda celou řadu dalších nevýhod.

Další nevýhodou ruční metody je potřeba pracovního času, přerušování výroby a vysoké nároky na provedení. Je také značně závislá na schopnosti pracovníka připravit termočlávkové senzory dobře a na správné místo. Není tak snadné zachytit skutečný teplotní profil, tedy „zla-

**Patrick McWiggin**  
**SolderStar**

tý standard“, který je naprosto nezbytný k tomu, aby proces probíhal správně.

## Zařízení ke kontrole činnosti pece

Vzhledem k těmto nevýhodám klasických profiloměrů pracovaly společnosti, jako jsou SolderStar, na koncipování technologií, které by proces zachycení kontrolních profilů pece usnadnily. Bylo potřeba vytvořit zařízení, které by efektivně monitorovalo teplotu v peci, aniž by přitom omezovalo stroj nebo pracovníky, kteří jej obsluhují. Rovněž bylo zapotřebí vyvinout software, který by profil přesně dokumentoval, aby byl snadno sledovatelný. To je důležité zejména vzhledem k současným vládním regulacím a ke stále vyšším standardům, jež zavádějí subdodavatelé základních zařízení. Zdravotnický a automobilový průmysl jsou jen dva příklady odvětví, která tlačí požadavky po stále kritičtější kontrole a sledovatelnosti, což vedlo ke zrodu zařízení ke kontrole činnosti pece.

Jedním z příkladů této technologie od SolderStar je produkt DeltaProbe (obr. 2). Tento produkt byl navržen a vyvinut za účelem odstranění problémů klasického ručního profilování a nabízí výrobcům efektivnější způsob pravidelného měření teplotního profilu. DeltaProbe umožňuje řízení procesu a nabízí inteligenci, která odpovídá složitějším a podrobnějším požadavkům výrobců na výrobu, aniž by bylo nutné použít křehké zkušební desky pro každodenní kontroly pece.

DeltaProbe je uzpůsoben k použití rozhraní „Smart Link“ firmy SolderStar, které představuje inteligentní prostředek k uchování informací o produktech a výrobních recepturách a umožňuje efektivní zachycování, stahování a uspořádání profilů. Jako sekundární funkci poskytuje rozhraní Smart link rychlý způsob připojení, což eliminuje možnost vzniku chyb v důsledku záměny kanálu.

Zařízení ke kontrole činnosti pece, jako je DeltaProbe, zahrnují speciálně navržené měřicí senzory, kde jsou zachyceny všechny záznamy o výrobním procesu, aniž by provoz brzdila testovací karta nebo dráty. To z něj činí nejen robustní, ale také vhodný nástroj ke generování opakovatelných výsledků, což je v současné době velmi důležitý požadavek, který vyhovuje i zákonným požadavkům.

Pomocí nástroje pro kontrolu pece lze snadno zjistit „zlatý“ profil výrobního procesu, takže je možné nastavit přípustné odchylky pro teplotní rozsahy a parametry procesu. Díky tomu je zajištěna přesnost měření a případné problémy nebo změny ve výkonu pece jsou okamžitě signalizovány, takže je možné podniknout kroky k nápravě. Pravidelné testování pece je tak opakovatelnější, pohodlnější a uživatelsky přívětivější, což má za následek lepší dokumentaci procesu při nižších nákladech pro výrobu.

Platformy jako DeltaProbe výrazně předčí metody použití testovacích karet z mnoha důvodů:

- Obvyklé použití testovacích karet vyžaduje neustálou péči a není snadno opakovatelné. To vede k falešným chybám způsobeným problémy s měřicí platformou.
- Sběr dat pomocí statistického řízení výroby je snadný a poskytuje přesnější měření.
- Seřazené senzory ukazují jakékoliv problémy s výkonem po celé délce ohřívače pece.
- V každé zóně pece lze provést nezávislé nastavení mezní hodnoty, což

poskytuje větší kontrolu v kritických oblastech.

- Je možné snadno zjistit počet chyb, včetně chyb týkajících se rychlosti, dopravníku nebo načítání a úpravy receptury.
- Platformu lze použít k zachycení srovnávacího ukazatele pro více linek – nutnost pro vysoké objemy výroby.

Všechny tyto výhody pomáhají vystihnout schopnosti celého procesu a vedou k vyšší kvalitě pájení produktu. Platformy, jako je tato, lze používat po zachycení teplotního profilu z reálné zkušební DPS. Průběžného sledování procesu pak bude dosaženo měřením rozdílu od zavedených výchozích údajů procesu. Software používaný s těmito produkty zahrnuje i pokročilé nástroje statistického řízení výroby, které vytvářejí tabulky pro průběžné měření probíhajícího pro-

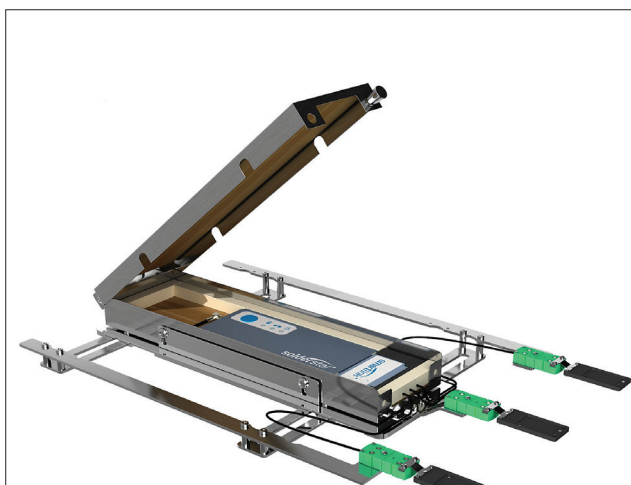
sledovat každou elektronickou sestavu vyrobenou na výrobní lince. Vrcholem profilovacích systémů jsou dnes ty, které dokážou zaznamenat a zajistit sledovatelnost provozních podmínek v peci pro každou elektronickou sestavu. Proto byl i vyvinut produkt SolderStar APS (automatický profilovací systém).

SolderStar APS měří stabilitu provozních parametrů v tepelném procesu, přičemž sleduje i polohu při vložení, aby pro každou DPS procházející strojem bylo možné vytvořit co nejrepresentativnější virtuální profil. Tyto platformy mohou průběžně sledovat pohyb DPS při průchodu strojem a kontrolovat kolísání procesu na úrovni produktů. Na základě těchto změn pak matematický model vypočte, jaký by byl výsledný profil DPS neboli „virtuální profil“. Tyto provozní parametry je pak možné vypočítat a testovat s ohledem na přípustné odchylky.

Automatický profilovací systém používá novou techniku pro snížení počtu termočlávkových vodičů, které jsou zapotřebí k provedení potřebných měření na úrovni produktů, díky čemuž lze dosáhnout mnohem menšího průměru sondy. Například u 14zónového stroje by obvykle bylo možné použít sondu o průměru 6 mm. To má za výsledek konstrukci robustní sondy, avšak s rychlou odezvou, která je zásadní pro snadnou a rychlou detekci poruch stroje.

K poruchám, které mohou být detekovány na platformách APS, patří kontrola správnosti nastavení teploty zóny a rychlosti vzhledem k nastavené referenční hodnotě, rychlá zpětná vazba na termočlátku a poruchy na dopravníku a ventilátoru. Dále jsou sledovány receptury pece, aby bylo zajištěno jejich správné zadání a aby nedocházelo k přetížení pece.

SolderStar APS může nepřetržitě porovnávat každou novou sadu naměřených údajů s referenční hodnotou a vyhodnocovat případné rozdíly. Pokud rozdíl mezi aktuálním procesem a referenční hodnotou překročí uživatelem definované přípustné odchylky, pak bude pomocí rozhraní SMEMA dalším deskám zabráněno v přístupu do pece.



Obr. 2 Přípravek pro ověřování teplotního profilu

cesu, vyhodnocování trendů a zavedení nápravných opatření. Je zřejmé, že tento proces zcela jasně předčí tradiční způsob měření teplotního profilu.

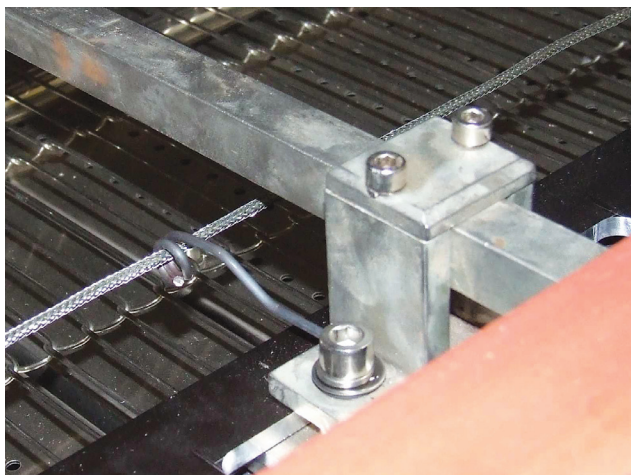
### Nepřetržitě sledování činnosti pece

Sestavy elektroniky, u nichž zcela zásadní úlohu hraje bezpečnost, nebo sestavy s vysokou přidanou hodnotou, jakož i přísnější omezení týkající se zpracování a potřeby zajistit kompletní dokumentaci procesů, vedly k vývoji systémů na měření teplotních profilů, které by dokázaly

Speciální teplotní sondy (obr. 3) jsou namontovány na obou stranách stroje po celé vyhřívané délce a ty monitorují aktuální teplotu na úrovni produktu v reálném čase. Kromě toho systém sleduje aktuální rychlost a polohu každé sestavy v daném procesu.

Teplotní sondy byly navrženy tak, aby byly menší a mohly být umístěny blíže k DPS, což poskytuje mnohem přesnější měření teploty v blízkosti elektronické sestavy během pájení. Menší velikost také snižuje nebezpečí, že sonda zastíní produkt. Měří také teplotu v zónách na úrovni produktu a rychlost dopravníku nezávisle na tom, zda pec zastaví stroj z důvodu poruchy, například pokud je ohřívač nebo ventilátor neúčinný nebo když chybou operátora dojde k načtení nesprávného receptu pro vyráběnou desku.

Nepřetržitý provoz APS znamená, že tepelný proces již neprobíhá naslepo.



*Obr. 3 APS – detail sondy pro měření teploty podél pece*

Pro každou jednotlivou DPS je modelován profil a kontroluje se, zda splňuje požadavky stanovené pro danou konkrétní sestavu. Systém je rovněž navržen tak, aby splňoval přísné požadavky výrobce na snížení výrobních nákladů díky snížení výrobních prostojů v důsledku oprav a vynaložené práce. Klasický problém, že „to, co neměříte, nemůžete

řídít“, už s touto nejmodernější technologií pro měření teplotních profilů nepředstavuje žádný problém.

Všechny tyto výhody zlepšily výrobu a ušetřily čas i peníze, protože se jedná o trvalý a okamžitý způsob měření teplotního profilu. Vzhledem k těmto zřejmým výhodám přecházejí výrobci zaměřující se na vojenské, automobilové a zdravotnické odvětví na tuto technologii jako na preferovaný způsob měření teplotního profilu, neboť je konzistentní, přesný a díky pokročilému softwaru poskytuje 100% sledovatelnost.

Stručně řečeno, systém APS dokáže objevit „problémy“ hned, když nastanou, takže je lze snadno napravit a efektivně tak zkrátit dobu prostojů a snížit spotřebu pracovního času a představuje bezpečný způsob, jak lze díky garantované sledovatelnosti zajistit správnou montáž a výrobu DPS.

[www.solderstar.com](http://www.solderstar.com)

**180 x 115 mm**