

SolarPaq

MANUALE UTENTE

per l'uso con

insight
software

Revisione I



A Fluke Company

SolarPaq Manuale utente

per l'uso con

insight
software

Revisione I



Datapaq® è il primo produttore al mondo di strumentazione per il monitoraggio della temperatura dei processi. La società mantiene il suo primato grazie al continuo sviluppo dei propri sistemi Tracker, caratterizzati da tecnologie avanzate e facilità d'uso.

Europa e Asia

Datapaq Ltd.
Lothbury House, Cambridge Technopark
Newmarket Road
Cambridge CB5 8PB
Regno Unito
Tel. +44-(0)1223-652400
Fax +44-(0)1223-652401
Email sales@datapaq.co.uk
www.datapaq.com

America del Nord e del Sud

Datapaq, Inc.
3 Corporate Park Dr., Unit 1
Derry
NH 03038
Stati Uniti d'America
Tel. +1-603-537-2680
Fax +1-603-537-2685
Email sales@datapaq.com
www.datapaq.com

AVVERTENZE SULLA SICUREZZA

Per un utilizzo sicuro delle apparecchiature Datapaq, rispettare sempre le seguenti avvertenze:

- Seguire attentamente le istruzioni fornite.
- Osservare gli eventuali segnali di avvertimento presenti sull'apparecchiatura stessa.



Indica un **pericolo potenziale**.

Sulle apparecchiature Datapaq questo indica normalmente una temperatura elevata, ma occorre comunque consultare il manuale per ulteriori spiegazioni.



Avverte della presenza di **temperature elevate**.

Dove appare questo simbolo sulle apparecchiature Datapaq, la superficie dell'apparecchiatura può essere eccessivamente calda (o eccessivamente fredda) e può pertanto causare ustioni.

© Datapaq Ltd., Cambridge, Regno Unito 2010

Tutti i diritti riservati

Datapaq Ltd. si astiene da qualunque asserzione o garanzia di qualsiasi genere in merito al contenuto della presente pubblicazione e disconosce specificamente qualsivoglia garanzia implicita di commerciabilità e idoneità per scopi particolari. Datapaq Ltd. non si assume alcuna responsabilità per eventuali errori contenuti nella presente pubblicazione o per qualsiasi danno accidentale o consequenziale in relazione alla fornitura, alle prestazioni o all'utilizzo del software Datapaq, dell'hardware associato o del presente manuale.

Datapaq Ltd. si riserva il diritto alla revisione periodica della presente pubblicazione e alla modifica del suo contenuto senza obbligo di notifica ad alcuna persona di tali revisioni o modifiche.

Datapaq e il logo Datapaq e Solar Tracker sono marchi registrati di Datapaq. Microsoft e Windows sono marchi registrati di Microsoft Corporation.

I manuali utente sono disponibili in altre lingue.
Per maggiori informazioni, contattare Datapaq.

SOMMARIO

7 *Introduzione*

9 *Hardware di base e relativo utilizzo*

9 Componenti del sistema

9 Barriere termiche

10 Sonde a termocoppia

17 *Esecuzione di un profilo di temperatura*

17 Panoramica

18 Preparazione del registratore

18 Installazione del registratore nella barriera termica

19 Inserimento del sistema nel forno

19 Rimozione dal forno e scaricamento dei dati

20 Preparazione dei dati per l'analisi

21 Uso della telemetria seriale

22 Diagnostica

25 *Rivestimento antiriflettente (sputtering)*

25 Barriera termica

26 Termocoppie

28 Esecuzione di un profilo di temperatura

29 *Cottura a contatto (metallizzazione)*

29 Barriere termiche

30 Termocoppie

32 Esecuzione di un profilo di temperatura

33 *Laminazione moduli*

33 Barriera termica e struttura

34 Termocoppie

34 Esecuzione di un profilo di temperatura

Introduzione

Datapaq® SolarPaq, che incorpora il software Insight™ Solar Tracker®, è un sistema completo per il monitoraggio e l'analisi dei profili di temperatura dei prodotti in un'ampia gamma di processi di trattamento termico utilizzati nella produzione di celle fotovoltaiche. SolarPaq è caratterizzato dall'unione di potenza e flessibilità, che ne fa uno strumento perfetto per il monitoraggio della temperatura dei processi, dalla messa in esercizio e diagnostica all'ottimizzazione dei processi, con garanzia di qualità costante dei prodotti e massima efficienza.

Le innovative **tecniche di analisi** di Insight aiutano a individuare i problemi, mettere a punto il processo e ridurre i costi d'esercizio. Potenti funzioni di **reportistica** consentono all'utente di generare stampe configurabili, comprendenti la selezione desiderata dei risultati delle analisi o dei dati grezzi di temperatura.

Le procedure e i materiali descritti nel dettaglio in questo manuale hanno lo scopo di aiutare gli utenti di SolarPaq a ottenere profili di temperatura precisi e ripetibili. Datapaq ha sviluppato soluzioni specifiche per i processi di creazione profili più comuni nella produzione di celle fotovoltaiche cristalline. Tali soluzioni sono illustrate in questo manuale, che contiene inoltre considerazioni generali sulle procedure da adottare per l'uso del sistema SolarPaq in settori collegati, ad esempio per la produzione di celle fotovoltaiche a film sottile.

Questo manuale contiene le sezioni seguenti:

- **Hardware di base e relativo utilizzo** (pag. 9) – Un'introduzione alle barriere termiche e alle sonde a termocoppia, con le specifiche tecniche e l'utilizzo.
- **Esecuzione di un profilo di temperatura** (pag. 17) – Le fasi di realizzazione di un profilo di temperatura comuni a tutti i processi di produzione di celle fotovoltaiche, compreso l'utilizzo della **telemetria seriale** per seguire lo sviluppo del profilo di temperatura in tempo reale.
- Aspetti dell'utilizzo del sistema SolarPaq specifici per i diversi processi: **rivestimento antiriflettente (sputtering)** (pag. 25), **cottura a contatto (metallizzazione)** (pag. 29) e **laminazione moduli** (pag. 33).

Oltre a questo manuale, è necessario consultare anche l'apposito manuale fornito con il **registratore dati**, che fornisce informazioni sul funzionamento del registratore, in particolare:

- Installazione di Insight e attivazione della comunicazione tra registratore e computer.
- Reimpostazione del registratore con i nuovi parametri di raccolta dati.

- Scaricamento nel computer dei dati raccolti.
- Uso della telemetria.
- Risoluzione dei problemi del registratore.

Per informazioni dettagliate sull'utilizzo del Software Insight, fare riferimento alla Guida in linea, disponibile dopo l'installazione.

Hardware di base e relativo utilizzo

I sistemi SolarPaq sono disponibili in varie configurazioni, studiate per le esigenze applicative dei diversi processi utilizzati nella produzione di celle fotovoltaiche. Le informazioni fornite in questo capitolo si applicano a tutti i sistemi. Alcuni processi produttivi di celle fotovoltaiche richiedono considerazioni speciali, trattate a parte:

- Processi di rivestimento antiriflettente (sputtering) (pag. 25).
- Cottura a contatto (metallizzazione) (pag. 29).
- Laminazione moduli (pag. 33).

*Per l'uso del **registratore dati** e di altro eventuale hardware destinato a scopi speciali, consultare la relativa documentazione.*

Componenti del sistema

Un sistema SolarPaq tipico è costituito da:

- Registratore dati, con cavo dati e caricabatteria.
- Manuale utente del registratore dati (specifico per il modello di registratore).
- Barriera termica per proteggere il registratore durante la permanenza nel forno.
- Sonde a termocoppia.
- *Manuale utente di SolarPaq.*
- Software Insight Solar Tracker.

Barriere termiche

La barriera termica fornisce al registratore la protezione termica e meccanica necessaria per consentirgli di resistere nell'ambiente ostile del forno.

Sono disponibili diverse barriere, adatte a diversi registratori e processi. Le specifiche e l'utilizzo di alcune di esse sono descritti nelle relative sezioni di questo manuale.

La protezione termica primaria è garantita da uno strato isolante in ceramica microporosa coperto da un tessuto in fibra ceramica, che consente al sistema di operare ad alte temperature per periodi prolungati.

*Nei **processi sottovuoto** e quando la barriera viene lasciata inutilizzata per un certo tempo, il pompaggio per ricreare il vuoto può durare più a lungo del solito a causa del degassamento dell'isolante in ceramica.*

Selezione della barriera termica

Prima di eseguire un profilo di temperatura di un determinato processo, è necessario accertarsi che il sistema SolarPaq sia idoneo.

La barriera termica utilizzata deve avere una durata termica specificata superiore a quella del profilo di tempo/temperatura previsto per il processo (vedere le specifiche tecniche delle barriere in questo manuale).

Qualora la barriera termica utilizzata non sia idonea, il registratore e/o la barriera stessa possono subire danni irreparabili.

È necessario considerare le **dimensioni fisiche** del sistema SolarPaq (principalmente della barriera termica) per accertarsi che possa passare liberamente e in modo sicuro attraverso il processo. In particolare, verificare che sia possibile caricarla nel forno e recuperarla in condizioni di sicurezza.

In caso di dubbi sulla scelta della barriera termica, contattare Datapaq fornendo informazioni dettagliate sul processo.

Sonde a termocoppia

Le sonde a termocoppia sfruttano l'effetto Seebeck, scoperto nel diciannovesimo secolo, per il quale si genera una forza elettromotrice (fem) in qualsiasi conduttore che non si trovi a una temperatura uniforme. La tensione effettiva misurata è proporzionale alla differenza di temperatura tra i giunti caldo e freddo della termocoppia, dove il giunto caldo è il giunto di misura, mentre il giunto freddo corrisponde alla giunzione tra i conduttori della termocoppia e il circuito di misura.

L'implementazione pratica delle termocoppie richiede sofisticati componenti elettronici per l'eliminazione dei potenziali errori di misurazione, quali una scarsa linearità lungo l'intervallo di misurazione e imprecisioni dovute a variazioni di temperatura del giunto freddo. Per correggere tali errori, i componenti elettronici nel circuito di misura devono simulare una temperatura di zero gradi in corrispondenza del giunto freddo e compensare gli eventuali andamenti non lineari nell'intervallo di funzionamento della termocoppia.

Nel corso degli anni sono state sviluppate termocoppie “standard” con l’utilizzo di materiali selezionati per sensibilità, linearità (uniformità della sensibilità nell’intervallo di temperatura utile), prezzo e disponibilità. Le termocoppie standard attuali comprendono i tipi K, N, R, S e M, identificati ciascuno dal colore del connettore.

Specifiche tecniche delle termocoppie

La sonda a termocoppia standard per i forni utilizzati nella produzione di celle fotovoltaiche è di **tipo K**, il cui giunto caldo è costituito da una lega al nichel-cromo combinata con una lega al nichel-alluminio. Le specifiche internazionali per il tipo K definiscono una sensibilità e linearità nell’intervallo 0–1250 °C. La gamma di funzionamento è tuttavia limitata in pratica dall’isolante del cavo (vedere sotto).

Tipo sonda	Intervallo di temperatura	Isolante del cavo	Precisione delle sonde fornite da Datapaq
K	Da -150 °C a 1370 °C	Minerale, PTFE, ceramica	$\pm 1,1$ °C (o $\pm 0,4\%$ se maggiore) a 0–1250 °C

Le termocoppie tipo K fornite da Datapaq hanno **connettori e cavi verdi**, conformemente allo standard IEC584.

Isolante del cavo delle termocoppie

La temperatura effettiva di funzionamento delle sonde a termocoppia è limitata dalle caratteristiche termiche del materiale isolante del cavo. Nei processi adottati per la produzione di celle fotovoltaiche, l’isolante consigliato per le sonde è principalmente minerale e PTFE.

Isolante	Limite superiore di temperatura
Isolante minerale (MI)	1250 °C
PTFE	265 °C
Fibra di vetro senza legante	1000 °C

Le sonde con isolante minerale hanno un giunto isolato che fornisce una maggiore immunità da interferenze elettriche, particolarmente utile nei processi di sputtering (pag. 25). Sono meno flessibili del PTFE, ma possono essere utilizzate a temperature fino a 1250 °C.

La fibra di vetro senza legante fornisce un isolante flessibile molto leggero, adatto alle alte temperature. È utilizzata in processi quali la cottura a contatto.

Le sonde con isolante in PTFE (politetrafluoroetilene) sono adatte per usi generici a temperature fino a 265 °C. Il PTFE è un materiale robusto, flessibile,

non vischioso, con una massa termica ridotta e quindi un tempo di risposta rapido.

ATTENZIONE

Il PTFE non è soggetto a combustione, ma si decompone a temperature superiori a 265 °C, producendo piccole quantità di gas tossici.

I prodotti principali della decomposizione termica del PTFE sono:

A temperature superiori a	Prodotto
400 °C	Vedere nota *
430 °C	Tetrafluoroetilene
440 °C	Esafluoropropilene
475 °C	Perfluoroisobutilene
500 °C	Difluorocarbonile *, il quale, in atmosfera umida, si trasforma in acido fluoridrico

* *Può inoltre essere prodotto se il nastro in PTFE viene mantenuto alla temperatura di 400 °C per un periodo prolungato.

Informazioni sui rischi per la salute

- L'inalazione dei prodotti della decomposizione del PTFE può causare febbre da fumi di polimero, i cui sintomi sono simili a quelli dell'influenza.
- Non vi sono rischi da ingerimento o contatto con la pelle.
- Non vi sono condizioni mediche generalmente aggravate dall'esposizione al PTFE.

Procedure di emergenza e di pronto soccorso

- In caso di contatto accidentale con fumi di PTFE, portare la persona colpita all'aria aperta o in un ambiente con aria pulita.
- In caso di operazioni antincendio, indossare un autorespiratore e indumenti protettivi.

Tipi di termocoppie e accessori



Termocoppie ultrasottili per alte temperature

Cavo con isolante minerale, diametro 0,5 mm. Conforme alla norma BSEN 60584.2 Classe I. Massimo 1100 °C per brevi durate.

PA1570 0,3 m

PA1571 0,6 m

PA1572 1,0 m



Termocoppia adesiva

Si applica direttamente a piccole parti in metallo o plastica con una patch adesiva e/o con nastro adesivo per alte temperature. Ideale quando occorre una risposta rapida o nei processi a infrarosso. Cavo con isolante in PTFE. Massimo 265 °C.

PA0061 1,0 m

PA0060 1,5 m

PA0062 3,0 m

Termocoppia in fibra di vetro senza legante

Cavo a doppino piatto 1/0,2, giunto caldo appiattito per migliorare il contatto termico. Conforme ai limiti speciali di errore ANSI MC96.1 Massimo 1000 °C.

PA1144 0,5 m

PA1145 1,0 m

Nastro adesivo Kapton per alte temperature

Per fissare le termocoppie a giunto esposto. Adesivo al silicone sensibile alla pressione. Massimo 400 °C.

HT0090 9 m

Utilizzo delle sonde a termocoppia

Le sonde Datapaq coprono un'ampia gamma di possibili impieghi. Scegliere i tipi adatti allo specifico processo e alle posizioni delle singole sonde tra quelli riportati sopra.

La **temperatura del processo** può determinare la scelta del materiale isolante delle termocoppie. Il PTFE è da preferire se la temperatura del processo è sufficientemente bassa da consentirne l'uso; vedere pag. 11.

La **punta della termocoppia** (il giunto caldo) deve avere una struttura meccanica adatta al prodotto al quale andrà fissata. Per misurare la temperatura della superficie di una cella cristallina la scelta migliore è una punta piatta molto leggera. Per pannelli di vetro spessi, invece, è preferibile utilizzare una sonda più pesante, che garantisca una maggiore robustezza.

Il filo delle termocoppie deve avere una **lunghezza** sufficiente a collegare il prodotto al registratore dati, ma non eccessiva, per evitare che resti impigliato o incastrato durante il passaggio del sistema attraverso il processo.

Il **tipo di termocoppia** (K, N, R, S: o T) deve essere abbinato al registratore dati utilizzato.

Posizione delle sonde

La geometria del prodotto e i requisiti termici del processo definiscono il numero e la posizione delle termocoppie necessarie per il ciclo di prova. In

alcuni casi sarà necessario installare una serie di termocoppie per la rilevazione dei dati dall'intera area del prodotto. In altri casi le termocoppie saranno disposte in modo da monitorare una zona specifica del prodotto.

Fissaggio delle sonde

Il fissaggio delle sonde al prodotto è un'operazione cruciale per garantire profili di temperatura precisi e ripetibili. Vi sono diverse opzioni, che dipendono dal tipo esatto di prodotto e dalle temperature di lavorazione:

- **Nastro adesivo.**
- **Cemento adesivo;** è possibile utilizzare ceramica o resina epossidica per alte temperature.
- **Fissaggio meccanico** mediante un meccanismo di bloccaggio.

*La **massa termica** della punta della termocoppia e del metodo di fissaggio deve essere bassa in confronto a quella del prodotto, per garantire che le misurazioni riflettano accuratamente la temperatura che il prodotto raggiungerebbe nel normale processo produttivo.*

*Per il monitoraggio della temperatura superficiale, la punta della sonda a termocoppia deve presentare un **buon contatto meccanico** con il prodotto. Un contatto termico inadeguato risulterà, nel caso migliore, in un rallentamento della velocità con la quale il prodotto riscalda la sonda, mentre nel caso peggiore impedirà che la sonda raggiunga la stessa temperatura del prodotto. Controllare che le punte delle sonde siano pulite prima di fissarle.*

*Per assicurare la ripetibilità e ottenere dalle sonde la massima durata, è preferibile utilizzare come **pezzo di prova** un campione standard del prodotto, al quale le termocoppie siano fissate in modo permanente.*

Test delle sonde a termocoppia

Sebbene le termocoppie siano generalmente robuste, può accadere che si danneggino durante l'uso. Per verificarne il corretto funzionamento dopo l'installazione, procedere in uno dei modi seguenti:

- Configurare il sistema come per monitorare un ciclo profilo tramite telemetria seriale (vedere pag. 21 per dettagli) e prendere nota delle temperature registrate dalle termocoppie come visualizzate in Insight, *oppure*
- Utilizzare un termometro digitale di tipo K, collegando una termocoppia alla volta al connettore del termometro, *oppure*
- Con una serie completa di termocoppie fissata al registratore e quest'ultimo collegato al PC, aprire la sezione Diagnostica della finestra di dialogo Impostazione comunicazioni in Insight; verranno visualizzate le temperature attuali delle sonde.

Procedere come segue.

1. Prendere dapprima nota delle letture a temperatura ambiente: se le termocoppie non registrano dati in Insight o registrano un circuito aperto con un termometro digitale (*OC* nella finestra di dialogo Impostazione comunicazioni), possono essere guaste. Letture discordanti possono indicare un corto circuito intermittente.
2. Se la rilevazione della temperatura ambiente è soddisfacente, riscaldare la punta della termocoppia con le dita o un'altra fonte di calore. Il valore di temperatura registrato dovrebbe aumentare.
3. Se il valore letto non cambia, la termocoppia è in corto circuito e deve essere sostituita.
 - Se la sonda misura la temperatura dell'aria, il cavo potrebbe avere subito un danno il quale ha creato un nuovo giunto caldo.
 - Se il termometro indica una diminuzione, i collegamenti della termocoppia sono invertiti.
4. Verificare il corretto funzionamento a 100 °C immergendo la punta della termocoppia in acqua bollente.
5. Sostituire le eventuali termocoppie con cavi danneggiati.

Esecuzione di un profilo di temperatura

Le informazioni fornite in questo capitolo si applicano a tutti i sistemi SolarPaq e devono essere integrate dalla lettura dei capitoli dettagliati sull'uso dei sistemi specifici:

- Processi di rivestimento antiriflettente (sputtering) (pag.25).
- Cottura a contatto (metallizzazione) (pag. 29).
- Laminazione moduli (pag.33).

Un profilo di temperatura può essere eseguito in due modi:

- **Profilo standard:** dopo il passaggio nel forno del registratore e del prodotto, i dati vengono scaricati dal registratore nel PC per essere visualizzati e analizzati da Datapaq Insight.
- **Con telemetria seriale:** man mano che il registratore acquisisce i dati dal prodotto all'interno del forno, questi vengono comunicati direttamente al PC tramite una connessione fisica. Lo sviluppo del profilo di temperatura può essere osservato man mano che viene generato, in tempo reale. Vedere pag.21.

Questo capitolo descrive le fasi essenziali del passaggio di un prodotto o provino attraverso il forno per la registrazione di un profilo di temperatura senza telemetria.

Panoramica

Prima di far passare il prodotto e il registratore dati attraverso il forno, si utilizzerà il software Insight per reimpostare il registratore, ossia per prepararlo alla ricezione di nuovi dati. Dopo il recupero del registratore dal forno, si utilizzerà nuovamente Insight per scaricare i dati del profilo e salvarli su disco. I passaggi sono descritti di seguito.

- Scegliere le posizioni delle sonde a termocoppia e fissarle.
- Impostare la comunicazione tra il registratore dati e il PC, se non è già stato fatto per un ciclo profilo precedente.
- Reimpostare il registratore dati per prepararlo alla ricezione di nuovi dati. Durante la reimpostazione sarà anche possibile impostare l'intervallo di campionamento e il metodo utilizzato per avviare la raccolta dati e controllare lo stato della batteria del registratore.

- Installare il registratore nella barriera termica.
- Far passare il provino e il registratore nella barriera attraverso il forno.
- Scaricare i dati dal registratore nel software Insight.
- Se necessario, impostare la posizione di inizio forno all'interno dei dati.
- Aggiungere le eventuali ulteriori informazioni che si desidera registrare con i dati del profilo.

Al termine, sarà possibile utilizzare Insight per analizzare i dati del profilo in base alle proprie esigenze.

Preparazione del registratore

Se è la prima volta che il registratore dati viene collegato al computer, è necessario abilitare la comunicazione tra di essi. È inoltre necessario reimpostare il registratore utilizzando il software Insight prima di un ciclo profilo, per definire i parametri di acquisizione dati. Vedere il manuale utente specifico del registratore in uso o la Guida in linea di Insight.

*Tenere presente che l'**intervallo di campionamento** consigliato per il registratore (selezionato durante il processo di reimpostazione) differisce a seconda del processo monitorato. Vedere la relativa sezione di questo manuale.*

Se si sospetta che la carica della batteria del registratore possa essere insufficiente per il ciclo profilo, verificare anche tale aspetto mediante la procedura di reimpostazione.

Per le relative procedure, vedere l'apposito manuale del registratore o la Guida in linea di Insight. Tenere presente che, dall'ultimo utilizzo, la temperatura del registratore deve essere scesa sotto i 35 °C (deve essere possibile maneggiarlo agevolmente senza guanti).

Installazione del registratore nella barriera termica

Verificare che la barriera termica si sia raffreddata a sufficienza dall'ultimo impiego.

1. Inserire le termocoppie nelle prese numerate del registratore. Se si utilizza un file di processo, accertarsi che i numeri di sonda/presa sul registratore corrispondano a quelli utilizzati per definire i numeri e le posizioni delle sonde nel file. Per un'introduzione ai file di processo avviare Insight, premere

il tasto funzione FI o scegliere ? > Guida in linea dalla barra dei menu, quindi fare clic sulla sezione “File di processo: forno, ricetta, prodotto”.

2. Verificare che le guarnizioni della barriera siano pulite e integre. Per garantire la protezione del registratore dati è essenziale che la guarnizione fra la barriera termica e i cavi delle termocoppie sia in buono stato. Verificare che i cavi delle termocoppie non si incrocino nel punto di uscita dalla barriera, per garantire la migliore tenuta possibile quando la barriera è chiusa.
3. Se la modalità di attivazione è Pulsante di avvio, premere e tenere premuto il pulsante di avvio per circa un secondo, finché la spia verde comincerà a lampeggiare.
4. Chiudere la barriera termica, controllando che il coperchio sia bloccato saldamente nella posizione di chiusura.

Inserimento del sistema nel forno

La velocità di linea nel forno può essere molto alta ed è quindi necessario preparare tutto con cura prima di caricare qualsiasi parte del sistema nel processo. In molti casi gli spazi ristretti e i tempi limitati per l'accesso all'ingresso del processo richiedono che l'installazione del sistema venga pianificata in anticipo.

1. Posizionare il provino con le sonde sul nastro o sul meccanismo di caricamento del forno con i cavi delle termocoppie verso il retro, verificando che l'assieme sia posizionato in modo da non urtare alcuna parte del forno durante il passaggio. Nella maggior parte delle applicazioni si otterranno i risultati migliori facendo entrare il provino nel processo prima della barriera termica, per garantire un disturbo termico minimo durante le misurazioni della temperatura del prodotto.
2. Se il tempo di permanenza del sistema nel processo è lungo, prendere nota del momento di inserimento, per poter calcolare il tempo di uscita previsto.

Rimozione dal forno e scaricamento dei dati

ATTENZIONE

*La barriera termica sarà **surriscaldata** e potrebbe esserlo anche il registratore. Utilizzare guanti protettivi.*

Recuperare il sistema immediatamente all'uscita dal forno o non appena sia possibile accedere al sistema in condizioni di sicurezza. Vicino al forno deve essere disponibile spazio sufficiente per le operazioni da eseguire.

Aprire la barriera termica ed **estrarre il registratore**.

La mancata rimozione del registratore dalla barriera termica surriscaldata può causare danni al registratore.

Si può accelerare il raffreddamento della barriera termica aprendola completamente e ponendola su una superficie fredda.

Se la configurazione lo consente, è possibile lasciare collegate le sonde a termocoppia per i cicli profilo successivi. Evitando di rimuovere le termocoppie, si riducono l'usura e le sollecitazioni sui cavi, incrementandone la durata.

Se è necessario **interrompere manualmente l'acquisizione dei dati**, tenere premuto il pulsante rosso di arresto del registratore finché non si accenderanno entrambe le spie di segnalazione rossa e verde. Se la spia rossa di stato del registratore lampeggia ogni 5 secondi, ciò significa che vi sono dati memorizzati nel registratore ma non ancora scaricati nel computer.

Scaricare i dati dal registratore al computer utilizzando il software Insight. Per le relative procedure, vedere l'apposito Manuale del registratore o la Guida in linea di Insight (dalla barra dei menu di Insight scegliere ? > Guida in linea).

Preparazione dei dati per l'analisi

Per informazioni dettagliate sulle potenti funzionalità di analisi di Insight, vedere la Guida in linea: dalla barra dei menu di Insight scegliere ? > Guida in linea > Analisi dei dati. Prima di avviare l'analisi completa dei dati scaricati, può essere consigliabile:

- Applicare un **file di processo**. Per un'introduzione ai file di processo avviare Insight, premere il tasto funzione FI o scegliere ? > Guida in linea dalla barra dei menu, quindi fare clic sulla sezione "File di processo: forno, ricetta, prodotto".
- Specificare la **posizione di inizio forno** nei dati (vedere sotto).
- Applicare i **fattori di correzione termocoppia** ai dati (vedere sotto).
- Registrare eventuali **note** specifiche del ciclo profilo (vedere sotto).

Definizione dell'inizio del forno

Se non è stato applicato un file di processo ai dati durante lo scaricamento (vedere sopra) o se il file di processo applicato non specificava la regolazione della **posizione di inizio forno**, si consiglia di regolare l'inizio del forno in questa fase. Dalla barra dei menu scegliere Processo > Regola inizio forno, oppure utilizzare il menu di scelta rapida.

Ciò può essere utile in quanto permette il confronto tra diversi paqfile, ossia tra i dati di diversi cicli di rilevazione del profilo di temperatura. Se non si

desidera regolare l'inizio del forno in questa fase, sarà comunque possibile farlo in qualsiasi momento successivo.

Per una spiegazione sulla posizione di inizio forno e su come regolarla, fare clic su ? nella finestra di dialogo Regola inizio forno.

Fattori di correzione termocoppia

È possibile migliorare la precisione utilizzando dati di calibrazione per le termocoppie per determinare i fattori di correzione. Se si conoscono i fattori di correzione per un intervallo di valori di temperatura e si presume una relazione lineare tra valori adiacenti, sarà possibile applicare correzioni appropriate a tutti i dati all'interno dell'intervallo di temperatura calibrato. Insight memorizza questi fattori di correzione in un file di fattori di correzione e la correzione viene ottenuta mediante la semplice applicazione di questo file ai dati.

Per informazioni dettagliate sulla creazione e l'utilizzo di file di fattori di correzione, vedere l'argomento "Fattori di correzione" nella Guida in linea di Insight.

alvataggio di note e stampa di un rapporto

Per utilizzare Insight per salvare eventuali **note o fotografie** che si desidera associare ai dati del ciclo profilo, scegliere Modifica > Note.


Per selezionare le opzioni per la **stampa di un rapporto personalizzato** sui dati del ciclo profilo e sui risultati dell'analisi, scegliere File > Opzioni di stampa.

Uso della telemetria seriale

In aggiunta all'analisi standard offline, è possibile eseguire un'analisi in tempo reale tramite telemetria seriale con il software Insight.

In questa modalità, con le termocoppie parzialmente fuori dal forno e collegate al registratore all'esterno del forno, i dati acquisiti dal registratore vengono trasmessi attraverso il cavo dati direttamente al computer ed è possibile osservare lo sviluppo del profilo di temperatura man mano che i dati vengono ricevuti, ossia in tempo reale.

Al completamento del ciclo di lavorazione, i dati ricevuti possono essere salvati in un nuovo paqfile. I dati sono inoltre memorizzati nel registratore durante il ciclo di lavorazione; sarà quindi possibile scaricare i dati dal registratore nel computer al termine del ciclo e salvarli come paqfile finale.

Per facilitare l'esecuzione di questa procedura è possibile utilizzare la funzione **Passaggio guidato cavi trascinati** di Insight, che guida l'utente, passo dopo passo, attraverso l'esecuzione del profilo tramite questo metodo: fare clic su  nella barra degli strumenti di Insight, oppure scegliere Strumenti > Procedure guidate dal menu. Per ulteriori indicazioni vedere la Guida di Insight e il manuale specifico del registratore.

Diagnostica

Controllo delle sonde a termocoppia

Le sonde a termocoppia sono generalmente affidabili, ma eventuali danni risultanti da utilizzi o manipolazioni improprie possono causare errori di lettura. Se si sospetta che il profilo di temperatura (paqfile) contenga dati non validi, fare clic sulla scheda Vista dati nella finestra di analisi di Insight per visualizzare i dati grezzi come scaricati dal registratore. I vari tipi di dati non validi che possono essere contenuti in un paqfile sono visualizzati nella griglia di analisi come segue.

- *OC* Circuito aperto.
- *NA* Dati non disponibili.
- *LO* Temperatura misurata sotto l'intervallo del registratore.
- *HI* Temperatura misurata sopra l'intervallo del registratore.
- ** Impossibile eseguire il calcolo (non necessariamente perché i dati non sono validi). Non visualizzato nella modalità di analisi Vista dati.

Sonde con un circuito aperto intermittente possono produrre profili irregolari con picchi. I picchi sono inevitabili se si scollegano le sonde da un registratore che sta ancora acquisendo dati. Cause comuni di dati non validi o incompleti sono:

- Distacco di una termocoppia dal registratore.
- Collegamento difettoso.

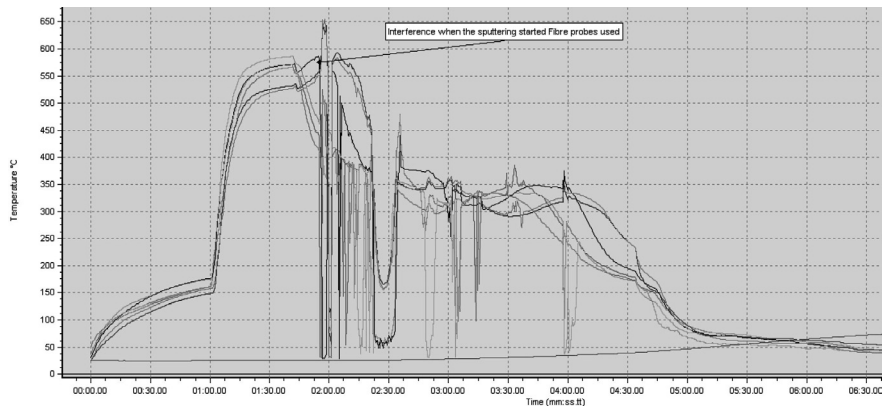
Letture errate di una sonda, incongruenti rispetto ad altre sonde, possono essere causate da un corto circuito, quando fili non isolati toccano la sonda prima del giunto caldo. Questo fenomeno è noto come “falso giunto caldo” e può anche verificarsi nella barriera termica se l'isolante è danneggiato al suo interno.

In ogni caso la sonda interessata deve essere sostituita.

Interferenza

Letture irregolari o con picchi possono essere causate da eccessive interferenze elettriche esterne, sebbene queste possano di norma essere eliminate con l'utilizzo del tipo di termocoppia appropriato. Questo problema si verifica in

particolare durante il monitoraggio del processo di sputtering utilizzato per depositare il rivestimento antiriflettente sulle celle fotovoltaiche (pag. 25), quando il sistema SolarPaq è esposto al plasma. In questo caso si raccomanda l'utilizzo di sonde con isolante minerale e giunto isolato. L'impiego di sonde con isolante in fibra di ceramica o di vetro nel plasma eccitato può risultare in letture irregolari ed errate.



*Profilo di temperatura di un processo di sputtering, che evidenzia l'interferenza tipica che si verifica se il profilo **non** è condotto mediante termocoppie con isolante minerale e giunto isolato.*

Rivestimento antiriflettente (sputtering)

L'hardware SolarPaq e le procedure descritte di seguito sono utilizzate per monitorare i processi di sputtering e altri processi che prevedono il deposito di un rivestimento antiriflettente in nitruro di silicio durante la produzione di celle fotovoltaiche.

Un monitoraggio attento del processo di deposito è fondamentale per la sua ottimizzazione e quindi per il rendimento finale della cella fotovoltaica. Il sistema SolarPaq può attraversare l'intero processo, misurando la temperatura delle superfici delle celle e fornendo in tal modo dati sullo stato di ogni punto nel processo.

Il registratore e la protezione termica possono essere semplicemente posizionati nella struttura di supporto delle celle fotovoltaiche durante il passaggio attraverso il processo. Il sistema SolarPaq è progettato in modo da poter occupare una delle posizioni delle celle da 156 mm, eliminando la necessità di modifiche del supporto. Il sistema attraversa quindi l'intero processo con i campi di plasma eccitati, come durante la normale produzione.

Le indicazioni fornite in questo capitolo sull'utilizzo del sistema SolarPaq con processi di rivestimento antiriflettente (sputtering) devono considerarsi integrative delle descrizioni generali di materiali e procedure presenti in altre sezioni (pag. 9 e pag. 17) e devono essere lette unitamente a tali informazioni.

Barriera termica

Per indicazioni generali sull'uso e la scelta delle barriere termiche, vedere pag. 9.

La barriera per i processi di rivestimento antiriflettente è progettata per l'uso con il registratore dati Q18, modello standard a 6 canali, tipo K (DQ1863).

TB7400

Temp. °C	450				
Durata (min)	8				
Dimensioni	Altezza 18 mm	Larghezza 149 mm*	Lunghezza 148 mm*	Peso 0,44 kg	

* Sui tre lati sono applicate flange di sicurezza larghe 10 mm.

Utilizzando i blocchi distanziatori forniti con la barriera termica è possibile regolare l'altezza sopra e sotto la struttura di supporto in modo da adattarla alle dimensioni della camera del processo.



Registratore dati Q18 inserito nella barriera termica TB7400, per l'uso in processi di rivestimento antiriflettente.

Termocoppie

Per i processi di rivestimento antiriflettente sono consigliate termocoppie con isolante minerale e giunto isolato. Questo tipo di termocoppia offre la massima protezione dai campi elettrici che si creano nelle camere dei processi al plasma. L'uso di altri tipi di termocoppia può dar luogo a letture irregolari e/o errate (vedere pag. 22).

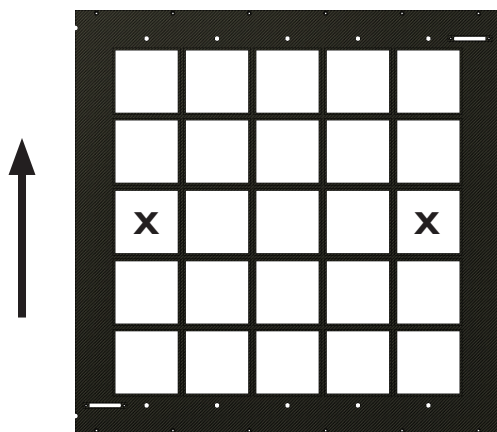
Si consigliano le termocoppie Datapaq ultrasottili per alte temperature (PA1570, pag. 12).

Posizionamento e fissaggio delle sonde

Il metodo di fissaggio della sonda alla cella fotovoltaica dipende dalla temperatura del processo. A temperature inferiori è possibile utilizzare nastro adesivo Kapton (pag. 12) per ottenere rapidamente risultati accettabili; il nastro dovrà probabilmente essere sostituito dopo ogni ciclo profilo. A temperature superiori le sonde possono essere mantenute in posizione mediante adesivo per alte temperature o semplicemente piegando ad arco il cavo della termocoppia in modo che la sua elasticità la mantenga a contatto con la cella.

Il numero e la posizione delle celle fotovoltaiche da monitorare saranno decisi dal tecnico responsabile del processo e dipenderanno dal forno e dal motivo per il quale se ne esegue il profilo.

La barriera termica deve essere posta nella struttura di supporto, il più vicino possibile a un lato e a metà tra la parte anteriore e quella posteriore del supporto. In tal modo si riducono le possibilità che il peso del sistema causi il cedimento del supporto durante il riscaldamento nella camera. I cavi delle termocoppie devono essere riportati insieme al registratore e alla barriera termica in modo tale da ridurre al minimo le possibilità che restino impigliati nella camera del processo.



Tipica struttura di supporto per celle fotovoltaiche in un processo di rivestimento antiriflettente (sputtering). La barriera termica SolarPaq deve essere posizionata in una delle posizioni contrassegnate da una X. La freccia indica la direzione del passaggio attraverso il processo.

È preferibile utilizzare un supporto dedicato con le sonde a termocoppia lasciate in posizione per i cicli profilo successivi. Evitando di rimuovere le termocoppie, si riducono l'usura e le sollecitazioni sui cavi, incrementandone la durata.

Esecuzione di un profilo di temperatura

Vedere pag. 17 per la procedura generale.

Preparazione del registratore

Impostare l'**intervallo di campionamento** su 0,5 s. Si otterrà in tal modo una risoluzione dei dati adeguata, mentre un intervallo più breve potrebbe causare la visualizzazione di disturbi elettrici nei risultati (vedere pag. 22). Con un intervallo di campionamento di 0,5 s o superiore, i circuiti interni del registratore sono configurati per escludere al massimo le interferenze.

Installazione del registratore nella barriera termica

La barriera termica deve essere installata nella struttura di supporto come descritto in precedenza e le termocoppie posizionate ciascuna in una delle fessure di uscita nella parte anteriore della barriera.

Inserimento del sistema nella camera del processo

Con il sistema SolarPaq installato nella struttura di supporto, caricare il supporto nella camera del processo utilizzando il sistema di caricamento automatico.

Controllo del profilo di temperatura

Quando si utilizza Insight per analizzare i dati del profilo dopo lo scaricamento dal registratore, verificare di aver selezionato Antiriflettente come tipo di forno. È consigliabile a tale scopo utilizzare un **file di processo**. Per una guida dettagliata sull'uso dei file di processo, premere il tasto funzione F1 o scegliere ? > Guida in linea dalla barra dei menu, quindi fare clic sulla sezione "File di processo: forno, ricetta, prodotto". In alternativa, impostare il tipo di forno nella scheda Forno della finestra di dialogo Dettagli processo: fare clic su nella barra degli strumenti di Insight, oppure scegliere Processo > Dettagli processo dal menu.

Selezionare la modalità di analisi dedicata **Antiriflettente** dalle schede in basso nella finestra di Insight. Di particolare interesse saranno i dati di analisi su temperatura picco, pendenze ascendente/discendente e pendenza media tra due temperature specificate dall'utente.

Cottura a contatto (metallizzazione)

Per ottenere un rendimento ottimale da una cella fotovoltaica, il processo di cottura a contatto riveste un'importanza critica. Profili di temperatura errati influiscono sulla resistenza di contatto e sul fattore di riempimento, riducendo direttamente, in tal modo, il rendimento produttivo. Con il sistema SolarPaq, il registratore passa attraverso il forno registrando profili di temperatura da più punti, fino a sei, nella parte superiore e inferiore di una cella di test; il processo viene pertanto monitorato senza interferire con la normale produzione.

Le procedure e l'hardware SolarPaq indicati per l'uso nei processi di cottura a contatto sono descritti di seguito.

Le indicazioni fornite in questo capitolo sull'utilizzo del sistema SolarPaq con processi di cottura a contatto devono considerarsi integrative delle descrizioni generali di materiali e procedure presenti in altre sezioni (pag. 9 e pag. 17) e devono essere lette unitamente a tali informazioni.

Barriere termiche

Per indicazioni generali sull'uso e la scelta delle barriere termiche, vedere pag. 9.

Le due barriere adatte ai processi di cottura a contatto differiscono nella durata termica. Entrambe sono progettate per l'uso con il registratore dati Q18, modello standard a 6 canali, tipo K (DQ1860).

TB7200

Temp. °C	200	400	600	800	
Durata (min)	6.5	2.0	1.5	1.0	
Dimensioni	Altezza 19,5 mm	Larghezza 165 mm	Lunghezza 234 mm	Peso 1,0 kg	

TB7250

Temp. °C	200	400	600	800	
Durata (min)	19	5.5	4.5	3.5	
Dimensioni	Altezza 23 mm	Larghezza 165 mm	Lunghezza 224 mm	Peso 1,25 kg	



Barriera termica TB7200, per l'uso nei processi di cottura a contatto (il modello TB7250 è simile).

Termocoppie

Le termocoppie Datapaq consigliate sono il tipo ultrasottile per alte temperature (PA1570) o il tipo in fibra di vetro senza legante (PA1144); vedere pag. 12.

Fissaggio delle sonde

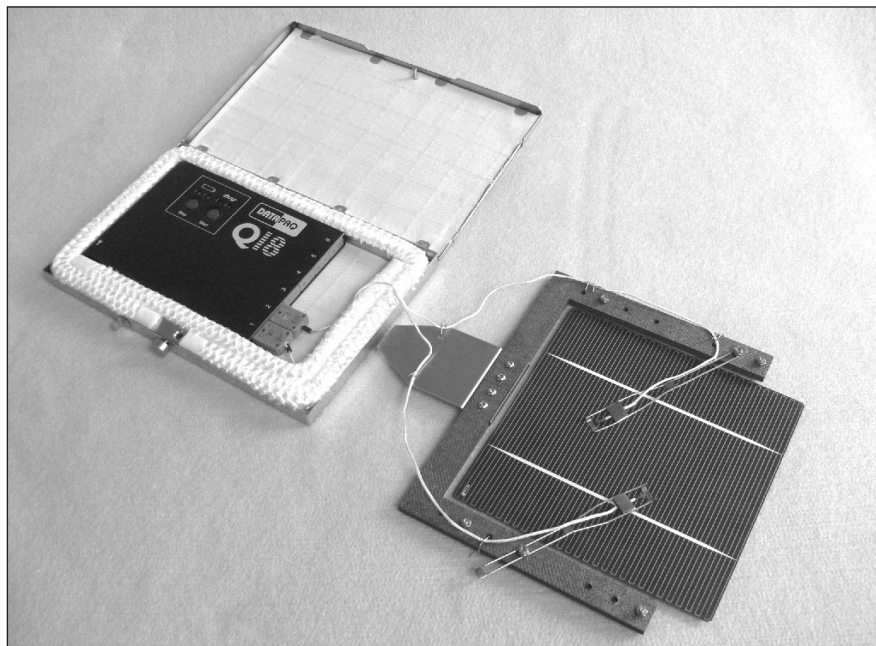
Vedere pag. 14 per considerazioni generali.

Utilizzo del fermo per celle Datapaq

Il fermo per celle PA2070 può essere utilizzato con celle fotovoltaiche fino a 156 mm quadrati. Mentre la cella è posizionata in modo sicuro, le sonde sono mantenute in posizione mediante le viti sui lati del fermo. Per l'utente è quindi sufficiente inserire la punta della sonda associata nella posizione corretta sulla superficie della cella. Con il fermo è possibile utilizzare fino a quattro sonde sul lato superiore e due sul lato inferiore.

Prima dell'uso, verificare che la tensione dei fili che sostengono la cella sia stata regolata correttamente, in modo da evitare un'eccessiva curvatura della cella e garantire un buon contatto termico. Quando si sistemano le sonde, controllare che la larghezza complessiva dell'assieme ne consenta il passaggio agevole nel forno, senza urtare le pareti o le eventuali guide delle celle montate nel forno. I cavi delle termocoppie devono essere riportati insieme al registratore e alla

barriera termica in modo tale da ridurre al minimo le possibilità che restino impigliati nel trasportatore del forno.



Sistema SolarPaq pronto all'uso in un processo di cottura a contatto: il registratore è mostrato inserito nella barriera termica aperta e il fermo per celle mantiene in posizione due sonde a termocoppia sul lato superiore della cella.

Fissaggio senza fermo per celle

Il fissaggio di sonde su una cella sottile senza un fermo richiede molto tempo e, se non eseguito con la massima attenzione, non consente di ottenere risultati ripetibili. Il metodo più diffuso ed efficace consiste nell'utilizzo di sonde PA1571 da 0,5 mm con isolante minerale. Sarà necessario posizionarle sul nastro trasportatore del forno a breve distanza dietro la cella, con gli ultimi 150 mm del cavo piegati ad arco, in modo che l'elasticità del cavo ne consenta il mantenimento del contatto con la cella.

Datapaq può fornire un cemento ceramico ampiamente utilizzato nell'industria del vetro per applicare termocoppie a vetri piatti. Questo soluzione, tuttavia, non è ottimale per le celle fotovoltaiche, a causa della loro estrema fragilità e della massa termica aggiuntiva del cemento, che altera la misurazione della temperatura.

Esecuzione di un profilo di temperatura

Vedere pag. 17 per la procedura generale.

Preparazione del registratore

Selezionare l'**intervallo di campionamento più piccolo possibile** (0,05 s), per ottenere la migliore risoluzione dei dati durante le rapidissime fasi di preriscaldamento e raffreddamento.

Controllo del profilo di temperatura

Quando si utilizza Insight per analizzare i dati del profilo dopo lo scaricamento dal registratore, verificare di aver selezionato **Cottura a contatto** come tipo di forno. È consigliabile a tale scopo utilizzare un **file di processo**. Per una guida dettagliata sull'uso dei file di processo, premere il tasto funzione F1 o scegliere ? > Guida in linea dalla barra dei menu, quindi fare clic sulla sezione "File di processo: forno, ricetta, prodotto". In alternativa, impostare il tipo di forno nella scheda Forno della finestra di dialogo Dettagli processo: fare clic su nella barra degli strumenti di Insight, oppure scegliere Processo > Dettagli processo dal menu.

Selezionare la modalità di analisi dedicata **Cottura a contatto** dalle schede in basso nella finestra di Insight. Altre modalità di analisi di particolare interesse sono:

- **Pendenze:** velocità di riscaldamento e raffreddamento. È inoltre possibile visualizzare il cambiamento della pendenza nel tempo: selezionare Modifica > Sonde virtuali e scegliere Derivata prima.
- **Area al di sotto della curva** – può essere utilizzata come misura dell'energia assorbita dalla cella fotovoltaica mentre è sopra la temperatura di cottura.

Laminazione moduli

Il profilo di temperatura cui è soggetto il modulo della cella fotovoltaica durante il processo di laminazione ha un'importanza critica per la cottura corretta dell'adesivo EVA e ha quindi un effetto diretto sulla durata del modulo. Il sistema SolarPaq viene posizionato nel laminatoio insieme alla lamina da monitorare, consentendo così il monitoraggio del processo senza interferire con la normale produzione.

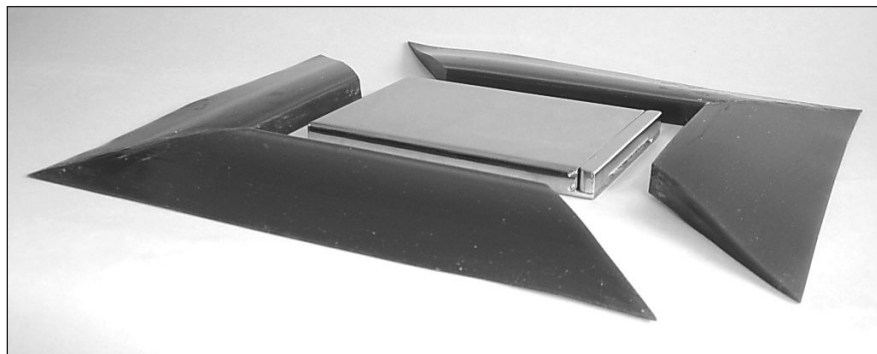
Le indicazioni fornite in questo capitolo sull'utilizzo del sistema SolarPaq con processi di laminazione devono considerarsi integrative delle descrizioni generali di materiali e procedure presenti in altre sezioni (pag. 9 e pag. 17) e devono essere lette unitamente a tali informazioni.

Barriera termica e struttura

La barriera termica e la struttura che la contiene sono progettate non solo per proteggere il registratore dati dalla temperatura e dalla pressione del processo di laminazione, ma anche per evitare di creare punti aggiuntivi di carico sulla membrana del laminatoio.

Barriera termica TB7100

Per indicazioni generali sull'uso e la scelta delle barriere termiche, vedere pag. 9.



Barriera termica TB7100, per l'uso nei processi di laminazione. Le sezioni della struttura protettiva si adattano esattamente ai lati della barriera.

La barriera per i processi di laminazione è progettata per l'uso con il registratore dati Q18, modello standard a 6 canali, tipo K (DQ1860).

Dimensioni	Altezza	Larghezza	Lunghezza	Peso
	20 mm	147 mm	219 mm	1,25 kg

Struttura protettiva in silicone TB7150

La struttura si compone di due sezioni, in gomma silicónica.

Dimensioni	Altezza	Larghezza	Lunghezza	Peso
	20 mm	365 mm	443 mm	0,65 kg

Termocoppie

Il processo di laminazione è condotto a temperature ben al di sotto di 250 °C; si consiglia pertanto l'uso di termocoppie flessibili con isolante in PTFE, ad esempio il modello PA0061 (pag. 12).

Fissaggio delle sonde

Le termocoppie serie PA0060 hanno un giunto appiattito e sono fornite con nastro autoadesivo, che ne semplifica l'applicazione alla superficie vetrosa o alla membrana di supporto del modulo della cella fotovoltaica, in base alle esigenze. Il posizionamento delle termocoppie al centro, ai bordi e agli angoli del modulo consente il monitoraggio della temperatura dell'intero modulo, per verificare che tutti i punti rientrino nelle specifiche.

I cavi delle termocoppie devono essere disposti in modo da non incrociarsi. Si raccomanda di posizionare la barriera termica su una lamina immediatamente dietro il modulo di test, con tutte le termocoppie collegate dal modulo alla barriera.

Esecuzione di un profilo di temperatura

Vedere pag. 17 per la procedura generale.

Preparazione del registratore

Impostare l'**intervallo di campionamento** su 0,5 s, per una risoluzione dei dati adeguata a un processo della durata di 10–20 minuti.

Installazione del registratore nella barriera termica

Inserire il registratore nella barriera termica e chiuderla, verificando che i cavi delle termocoppie fuoriescano dall'apertura alla base dello sportello

incernierato. Posizionare quindi la barriera su un foglio di cartone o una lastra di vetro e disporvi attorno la struttura protettiva in silicone. I cavi delle termocoppie devono passare tra la struttura protettiva e il foglio o la lastra su cui è posizionata.

Inserimento del sistema nel laminatoio

Potrebbe essere necessario disattivare il sistema di caricamento automatico di cui sono dotati molti grandi laminatoi e caricare il sistema SolarPaq manualmente per consentirne il posizionamento nell'area di caricamento.

Posizionare il modulo con sonde e l'assieme barriera/struttura sul nastro di caricamento. Verificare che la struttura protettiva sia installata correttamente, per proteggere la costosa membrana che mantiene la condizione di sottovuoto nel laminatoio.

Il mancato o errato posizionamento della struttura protettiva può causare danni al laminatoio.

Rimozione dal laminatoio e scaricamento dei dati

Dopo il recupero del sistema dal laminatoio, è possibile lasciare la struttura protettiva al suo posto, limitandosi a rimuoverne la sezione anteriore per poter estrarre il registratore dalla barriera.

Controllo del profilo di temperatura

Quando si utilizza Insight per analizzare i dati del profilo dopo lo scaricamento dal registratore, verificare di aver selezionato Laminatoio come tipo di forno. È consigliabile a tale scopo utilizzare un **file di processo**. Per una guida dettagliata sull'uso dei file di processo, premere il tasto funzione F1 o scegliere ? > Guida in linea dalla barra dei menu, quindi fare clic sulla sezione "File di processo: forno, ricetta, prodotto". In alternativa, impostare il tipo di forno nella scheda Forno della finestra di dialogo Dettagli processo: fare clic su nella barra degli strumenti di Insight, oppure scegliere Processo > Dettagli processo dal menu.

Selezionare la modalità di analisi dedicata **Laminazione** dalle schede in basso nella finestra di Insight. Di particolare interesse saranno i dati di analisi sulla temperatura picco e sul tempo trascorso sopra una temperatura specificata dall'utente. Le specifiche dell'adesivo EVA utilizzeranno informazioni sulla temperatura di reticolazione e sui tempi necessari; è possibile configurare l'analisi in modo da visualizzare questi dati e da attivare allarmi nel caso in cui uno dei profili delle sonde non soddisfi le specifiche.

Europa e Asia

Datapaq Ltd
Lothbury House
Cambridge Technopark
Newmarket Road
Cambridge CB5 8PB
Regno Unito
Tel. +44-(0)1223-652400
Fax +44-(0)1223-652401
sales@datapaq.co.uk

America del Nord e del Sud

Datapaq, Inc.
3 Corporate Park Dr., Unit 1
Derry, NH 03038
Stati Uniti d'America
Tel. +1-603-537-2680
Fax +1-603-537-2685
sales@datapaq.com

Cina

Datapaq Ltd
3rd Floor, Lane 280-6
Linhong Road
Shanghai 200335
Cina
Tel. +86(0)21-6128-6200
Fax +86(0)21-6128-6221
Fax +86(0)21-6128-6222
sales@datapaq.com.cn



A Fluke Company

www.datapaq.com