

Stringing von kristallinen Photovoltaikzellen

In zwei Stufen

Für die Herstellung von Photovoltaik-Zellen-Strings wurde ein Lötverfahren entwickelt, bei dem der Stringing-Prozess in zwei Stufen unterteilt wird, um eine höhere Qualität der Kontaktierung zu erhalten.

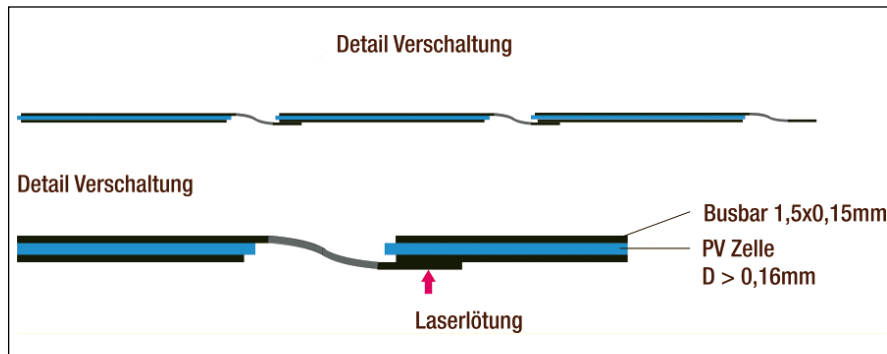


Bild 1: Elektrische Verbindung von PV-Zellen mit Busbars

Quelle: Wolf Produktionssysteme



Bild 2: Kompakte Stringing-Maschine mit Rundschalttisch zum Transport der PV-Zellen

Quelle: Wolf Produktionssysteme

Bei der Herstellung von kristallinen Photovoltaik-Modulen müssen zur Ableitung der in den Zellen erzeugten elektrischen Ströme sogenannte Busbars an die PV-Zellen angelötet werden. Je nach Hersteller und Typ werden je zwei oder drei Busbars auf die Oberseite (aktive, bestrahlte Seite) und die Unterseite angelötet (Bild 1). Zur Herstellung einer Reihenschaltung werden im „Stringing“ genannten Fertigungsschritt je zwei PV-Zellen durch ein durchgehendes Busbar miteinander verbunden. Bei der ersten Zelle wird dieses auf der Oberseite, bei der folgenden auf der Unterseite angelötet. In herkömmlichen Stringing-Maschinen wird dies in einem Prozessschritt durchgeführt. Dies hat Nachteile. Wird der Stringing-Prozess in zwei Stufen unterteilt können diese Nachteile vermieden werden.

Nachteile des 1-Stufen-Verfahrens

Beim einstufigen Stringing Prozesses müssen die Busbars (Kupferbändchen mit 1 bis 2mm Breite und ca. 0,15mm Dicke) nach dem Platzieren auf der Oberseite der PV Zellen losgelassen werden. Dadurch kön-

nen Positionsabweichungen auftreten. Die metallisierte Fläche auf welche die Busbars aufgelötet werden sollen sind kaum breiter als die Busbars selbst. Ein seitlicher Versatz führt neben dem rein optischen Mangel zu Wirkungsgradverlusten. Wird eine PV-Zelle beim Lötprozess beschädigt, so muss sie in einem aufwändigen Reparaturprozess aus dem String herausgetrennt und eine neue eingelötet werden. Da bei den angewandten Lötverfahren die PV-Zelle thermisch stark belastet wird, sind Beschädigungen nicht auszuschließen.

Das 2-Stufenverfahren

Die Wolf Produktionssysteme GmbH hat nun eine Stringing Maschine entwickelt

bei der die Strings in zwei Stufen hergestellt werden (Bild 2). Die Maschine wurde im September auf der 24. Europäischen Photovoltaik Solar Energie Konferenz und Ausstellung in Hamburg vorgestellt.

In der Stufe 1 werden zunächst die Busbars an die Ober- wie auch Unterseite der PV-Zelle gelötet. Danach werden die Busbars geprüft und fehlerhafte bzw. beschädigte Zellen ausgesondert.

In der Stufe 2 werden die, bereits mit Busbars versehenen, PV-Zellen zu einem String in Reihe abgelegt und die Busbars miteinander verlötet. Bei dieser Lötung wird die Zelle nur sehr gering thermisch belastet, so dass hier Beschädigungen weitgehend ausgeschlossen werden können. ▶

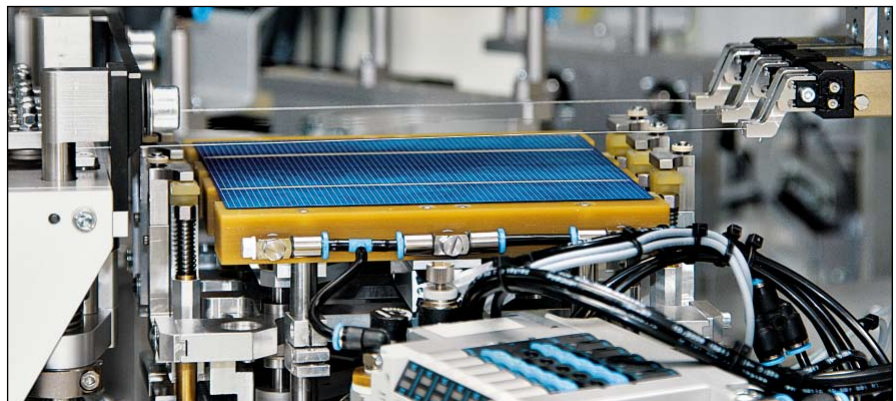


Bild 3: Zuführen der Busbars: Die Busbars bleiben bis zur Lötung immer gespannt. Bei PV-Zellen mit nur 2 Busbars bleibt der mittlere Greifer passiv

Quelle: Wolf Produktionssysteme

AUTOR
 Dr.-Ing. E. Wolf,
 Geschäftsführer der Wolf
 Produktionssysteme GmbH

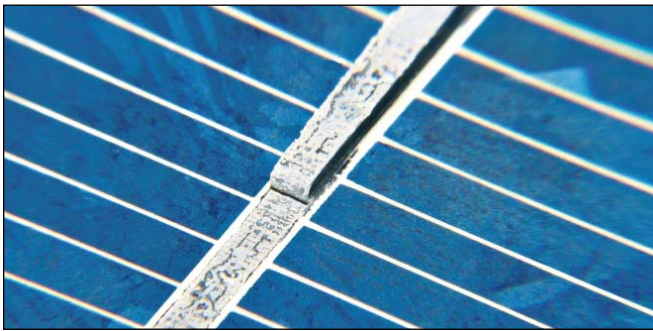


Bild 4: Ergebnis eines Pull-Tests bei einer bleifreien Lötung

Quelle: Wolf Produktionssysteme

Der zweistufige Stringing-Prozess sieht auf den ersten Blick komplizierter und aufwändiger aus. Beim genauen Hinsehen ergeben sich aber zahlreiche Vorteile:

- ▶ Die Busbars bleiben immer – auch während des Lötens – fixiert. Damit ist eine exakte Positionierung möglich.
- ▶ Als Lötverfahren kann das Widerstandslöten zur Anwendung kommen, mit dem extrem schnell gelötet werden kann und somit die PV-Zellen minimal thermisch belastet werden.
- ▶ Das Widerstandslöten erfolgt temperaturgeregt, ist wartungsfrei und auch für bleifreie Lote geeignet.
- ▶ Nach dem Lötens kann die PV-Zelle getestet werden. Schadhafte Zellen werden ausgeschleust.

Systemmerkmale

Um eine hohe Ausbringung von 1200 Zellen/h zu erreichen und einen stoßfreien Transport der PV-Zellen sicherzustellen, wurde die Stringing Maschine mit einem Rundschalttisch mit 8er-Teilung ausgerüstet. Die Zellen werden gestapelt auf Paletten bereitgestellt, die auf zwei Staubändern zugeführt werden. Ein Handhabungssystem mit Flächensauger hebt die Zellen vom Stapel ab und präsentiert sie einem Bildverarbeitungssystem. Das Bildverarbeitungssystem erkennt die Lage der Metallisierungen, so dass die PV-Zellen lagerichtig auf dem Rundschalttisch platziert werden können.

An zwei separaten Stationen werden die Busbars von der Rolle zugeführt, geflucht, getrocknet, abgeschnitten und an die Lötvorrichtung übergeben, wo sie in der Lötposition geklemmt werden (Bild 3).

In der Lötstation erfolgt die Widerstandslötung der oberen und unteren Busbars.

Danach werden die Busbars auf die korrekte Länge geschnitten. Die Längen können variieren, je nachdem ob es sich um PV-Zellen innerhalb eines Strings oder am Rand befinden.

In der nachfolgenden Station werden die Zellen auf mögliche Risse hin untersucht.

In der letzten Station werden die Zellen mit Handhabungsgeräten entnommen, gedreht (Oberseite nach unten) und auf einer langen Verfahrachse, der Stringerachse nacheinander in Reihe abgelegt. Dabei taktet die Stringerachse um eine Zellenlänge weiter. Nach jedem Takt erfolgt die Laserlötung der Busbars.

Widerstandslöten der Busbars

Um eine Ausbringung von 1200 PV-Zellen/h zu erreichen und die thermische Belastung der PV-Zellen gering zu halten, muss die Lötung der Busbars innerhalb 1,5s erfolgen. In einem langwierigen Entwicklungsprozess haben die Lötexperten bei Wolf schließlich die Widerstandserwärmung für die Busbarlötung zur Anwendung gebracht. Es

ZUR INFO

Wolf, Spezialist für Löt- und Montagetechnik hat die Stringing-Maschine gemeinsam mit Schmid Technology Systems, Niedereschach entwickelt. Schmid, ein führender Hersteller für Komplettsysteme zur PV-Fertigung, setzt die Maschinen nicht nur in eigenen Linien ein, sondern bietet die Stringing-Maschinen auch weltweit als Einzelmaschine an.

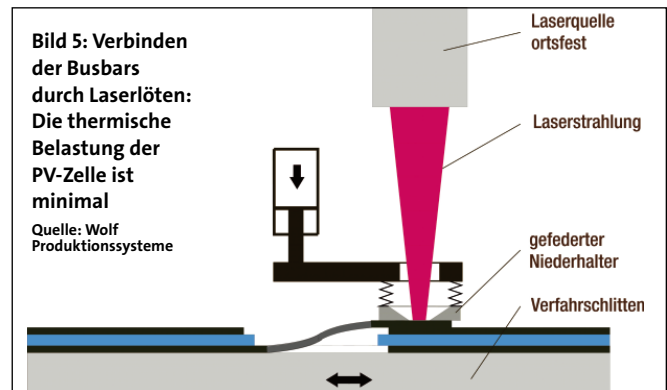


Bild 5: Verbinden der Busbars durch Laserlöten: Die thermische Belastung der PV-Zelle ist minimal

Quelle: Wolf Produktionssysteme

erwärmt die Busbars innerhalb Zehntelsekunden von innen und ist sehr gut regelbar. Das Busbar selbst dient quasi als LötKolben.

Dabei wird die Temperatur berührungslos über einen Pyrometer gemessen. Die Busbars werden nur punktuell mit definierter Federkraft an die Zelle angepresst. Ein Verzug (Aufbeulen) der PV-Zellen durch die unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten von Silizium und Kupfer tritt nicht auf (Bild 4). Für das Verfahren wurden Schutzrechte angemeldet.

Laserlöten der Busbars

Das Verbinden der Busbars soll schnell, punktuell, berührungslos und ohne thermische Belastung der PV-Zellen erfolgen. Dies wurde mit Laserlöten realisiert. Mit Federkraft werden die Busbars rund um die zu löttende Stelle aneinander gedrückt. Die schnelle Erwärmung erfolgt durch einen Diodenlaser mit integriertem Pyrometer zur Temperaturregelung (Bild 5).

Ausblick

Mit diesem zweistufigen Löt- und Montageverfahren hat das Lötens mit bleifreien Loten seinen Schrecken verloren. Auch die abnehmende Dicke der PV-Zellen hat man nun löttechnisch im Griff. Zellen mit einer Dicke von 0,16 mm wurden bereits erfolgreich gelötet. Mit dem Verfahren sind auch schmalere Busbars verarbeitbar. Damit würde man auch die aktive Fläche der PV-Zellen vergrößern.

infoDIRECT 415pr1009

www.productronic.de

▶ [Link zu Wolf Produktionssysteme](#)