

Ersatz für Ausgabe Juli 1994

Inhalt:

- 1 Geltungsbereich
- 2 Funktionsprinzip
 - 2.1 Begriffsbestimmung
 - 2.2 Erwärmungsvorgang
- 3 Maschinen, Geräte, und Werkzeuge
 - 3.1 Aufbau und Wirkungsweise einer Hochfrequenz-Schweißanlage
- 4 Gestaltung der Elektroden und Schweißwerkzeuge
 - 4.1 Anforderungen an die Elektrodenstäbe
 - 4.2 Verschiedene Elektrodensteganordnungen
- 5 Werkstoffeinflüsse
 - 5.1 Einfluss der Rohstoffeigenschaften auf das Füge- und Schweißverfahren
 - 5.2 Dielektrischer Verlustfaktor $\tan \delta$
 - 5.3 Dielektrizitätszahl ϵ_r
 - 5.4 Schmelztemperaturbereich
 - 5.5 Weichmacher
 - 5.6 Zusatzstoffe
 - 5.7 Einfluss von Feuchtigkeit
 - 5.8 Recycling- und Regenerat-Material
- 6 Einfluss der Herstellungsbedingungen der Fügeteile
- 7 Prüfen von Füge- und Schweißverbindungen
- 8 Sicherheitsvorschriften und Arbeitsschutz
- 9 Schrifttum, (Normen, Richtlinien, Vorschriften)

1 Geltungsbereich

Die Richtlinie beschreibt Maschinen, Geräte und Werkzeuge für das Fügen von Folien und Formteilen aus Kunststoffen durch Hochfrequenz (HF), einschließlich der Verfahrenstechnik.

2 Funktionsprinzip

2.1 Begriffsbestimmung

Nach DIN 8593 gehört das Hochfrequenzschweißverfahren zur Hauptgruppe 4 der „Fertigungsverfahren für Fügen“. Trotz der klaren begrifflichen Abgrenzung wird fast immer von Schweißen gesprochen. In der Praxis hat sich ebenfalls die Bezeichnung Schweißmaschine eingebürgert, obwohl mit den Maschinen oft Fügevorgänge durchgeführt werden, die der Definition „Schweißen“ nicht entsprechen.

In dieser Richtlinie werden beide Begriffe, Fügen und Schweißen, verwendet.

2.2 Erwärmungsvorgang

Das zwischen den Elektroden wirkende hochfrequente elektrische Wechselfeld verursacht eine beschleunigte Bewegung der Moleküle in dem liegenden Kunststoff. Die Moleküle des Werkstoffes müssen elektrisch polar, das heißt elektrisch nicht neutral sein. In solchen Molekülen stellt dann ein Dipol dar, der bei Vorhandensein eines elektrischen Wechselfeldes das Bestreben hat, sich in die Feldrichtung zu drehen.

Bei der im Rahmen der HF-Fügetechnik am häufigsten angewandten Frequenz von 27,12 MHz richten sich die Moleküle 27,12 Millionen Mal in der Sekunde aus. Hierbei entsteht eine innere Reibung, die Wärme erzeugt.

Bei homogenem Werkstoff und gleichmäßiger Feldverteilung findet durch die Hochfrequenz eine gleichmäßige Erwärmung im gesamten Werkstoffquerschnitt statt. In den oberflächennahen Schichten tritt durch die Wärmeableitung an die im niedrigeren Temperaturbereich liegende Umgebung und an die kalten Elektroden ein Temperaturabfall ein. Bild 1 zeigt das Prinzip des HF-Schweißens.

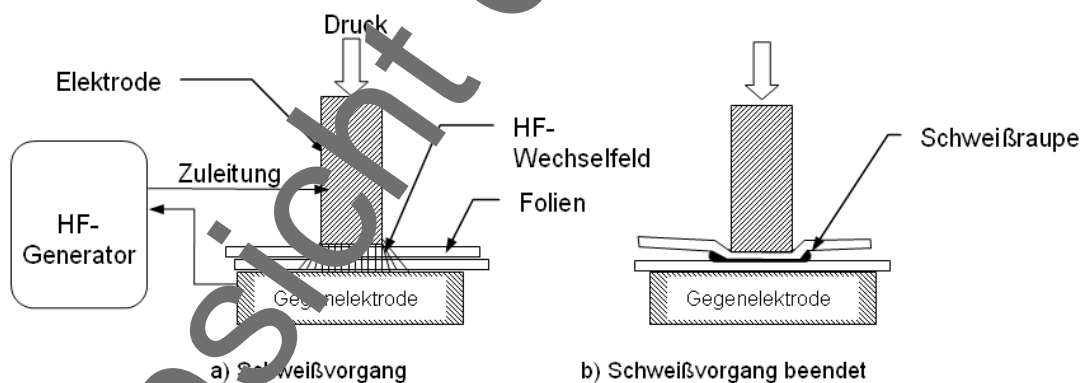


Bild 1. Prinzip des Hochfrequenzschweißens.

Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Beurteilung empfohlen. Der Anwender muss jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist. Eine Haftung des DVS und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

DVS, Ausschuss für Technik, Arbeitsgruppe „Fügen von Kunststoffen“

Nachdruck und Kopie, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers

DVS-Merkblätter und -Richtlinien - Stand 2008-12

3 Maschinen, Geräte und Werkzeuge

3.1 Aufbau und Wirkungsweise einer Hochfrequenz-Schweißmaschine

Eine HF-Schweißmaschine, Bild 2, besteht aus dem Generator, den HF-Leitungen mit Filtern, dem Anpassgerät, der Arbeitsvorrichtung, der Steuerung und den Elektroden.

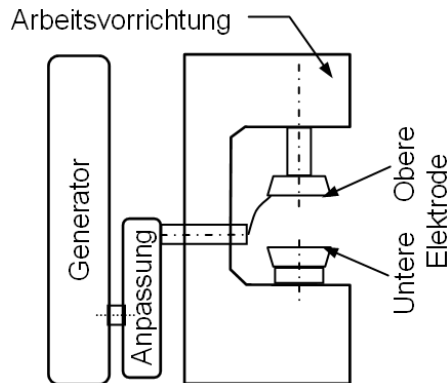


Bild 2. Hochfrequenz-Schweißmaschine.

3.1.1 Hochfrequenz-Generator

Der HF-Generator wandelt die niederfrequente elektrische Energie des Wechselstromnetzes in hochfrequente elektrische Energie um. Der internationale Fernmeldevertrag aus dem Jahr 1959 und die dazugehörige Vollzugsverordnung vom 1. Mai 1961 legen die zulässigen Frequenzbereiche fest. Als Arbeitsfrequenzen für Industrie, Medizin und Wissenschaft gelten ab diesem Zeitpunkt folgende Frequenzbereiche:

| | | |
|--------|-----|-----------|
| 13,56 | MHz | ± 0,05 % |
| 27,12 | MHz | ± 0,6 % |
| 40,68 | MHz | ± 0,05 % |
| 433,92 | MHz | ± 0,2 % |
| 2.450 | MHz | ± 50 MHz |
| 5.800 | MHz | ± 75 MHz |
| 22.125 | MHz | ± 125 MHz |

Aufgrund von Praxisanforderungen – zulässige Frequenzbreite, Höhe der an den Elektroden liegenden HF-Spannung, Spannungsverteilung über die Schweißfläche – kommt für das Fügen und Schweißen mit Hochfrequenz hauptsächlich die Frequenz von 27,12 MHz ± 0,6 % zum Einsatz. Die Ausgangsleistungen der HF-Generatoren liegen im Allgemeinen zwischen 0,6 und 120 kW. Der Wirkungsgrad frequenzstabiler Generatoren – Verhältnis der vom Netz aufgenommenen Leistung zu der an die Elektroden abgegebenen HF-Leistung – liegt bei etwa 50 %. Zur HF-Leistungsbestimmung beim Schweißen von PVC-P-Folien in einer Dicke von 2 x 0,5 mm gilt als Anhaltspunkt:

Für eine Schweißnahtlänge von 1 m und einer Nahtbreite von 2 mm benötigt man etwa 1 kW HF-Leistung (erster Schweißparameter). Bei anderen Werkstoffen und Gesamtmaterialdicken weicht die benötigte HF-Leistung davon ab.

Die Schweißzeiten sind abhängig vom Werkstoff und von der Werkstoffdicke. Bei PVC-P-Folien mit einer Gesamtdicke von 0,6 mm und einer Schweißzeit von 1,5 bis 2 s benötigt man eine HF-Leistung von etwa 5 W/cm². Bei geringeren Foliendicken wird durch die Wärmeableitung in die kalten Elektroden ein höherer Leistungsbedarf erforderlich.

Bei größeren Foliendicken ist, aufgrund des zu erwärmenden größeren Volumens, auch eine höhere HF-Leistung notwendig. Bei längeren Schweißzeiten von beispielsweise 6 bis 8 s benötigt man eine geringere HF-Leistung.

Der überwiegende Teil der üblichen Schweißzeit (zweiter Schweißparameter) liegt zwischen 1 und 6 s. Die Foliendicken liegen bei den meisten Einsatzfällen zwischen 0,2 und 1 mm. Nach der Schweißzeit folgt die Nachwirk- oder Kühlzeit.

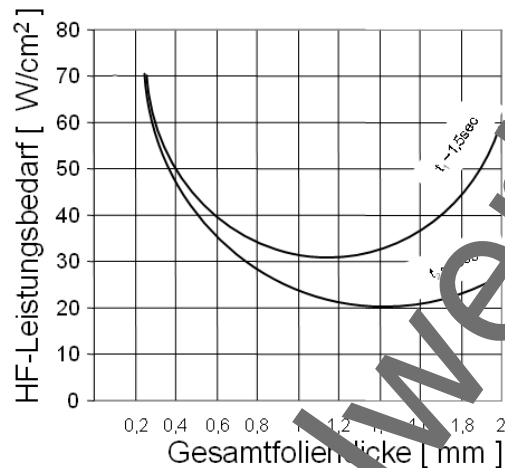


Bild 3. HF-Leistungsbedarf in Watt/cm² Schweißfläche; Schweißzeit t_1 etwa 1,5 bis 2 s, Schweißzeit t_2 etwa 5 bis 6 s.

3.1.2 HF-Leitungen

Die HF-Leitungen transportieren die hochfrequente elektrische Energie über das Anpassgerät zu den Elektroden, die sich in der Arbeitsvorrichtung befinden. Zu den HF-Leitungen gehören auch Filter, um bei frequenzstabiler und störstrahlungsfreier HF-Generatoren die Abstrahlung von Oberwellen (Harmonischen) zu beschränken.

3.1.3 Anpassgerät

Es dient zur Anpassung der Arbeitsvorrichtung an den HF-Generator und zur Einregelung der gewünschten Schweißleistung.

3.1.4 Arbeitsvorrichtung

Diese überträgt den für den Arbeitsvorgang erforderlichen Fügedruck. Sie hat weiterhin die Aufgabe, die Elektroden planparallel zu führen und den Fügedruck während der vorgewählten Zeit exakt zu halten. Die Arbeitsvorrichtung muss während des Fügevorgangs um die erforderliche und vorgewählte Eindringtiefe präzise nachfahren können. Die Arbeitsvorrichtungen werden in C-, oder Portalbauweise gefertigt. Der Antrieb erfolgt hydraulisch oder pneumatisch, in einigen Fällen auch über einen Motor. Für einfache Aufgabenstellungen und für Kleinserien werden auch Fußhebelmaschinen eingesetzt. Der erforderliche spezifische Druck an der Elektrodensohle (dritter Schweißparameter) liegt für PVC-P bei 1 MPa.

3.1.5 Elektroden

Diese sind für die Füge- und Schweißvorgänge erforderlich. Die wichtigsten Funktionen sind:

- die Übertragung der Hochfrequenzenergie auf den zwischen Ober- und Unterelektrode befindlichen zu schweißenden Werkstoff
- die Fixierung der Fügeteile und Formgebung während des Füge-, Präge-, Kerbbildungs- oder Schweißvorganges
- das Abführen der im Fügeworkstoff entstandenen Wärme nach dem Abschalten der Hochfrequenz

3.1.6 Elektrodenschutzvorrichtungen

Da an den HF-Elektroden bei eingeschalteter Hochfrequenz hohe Spannungen anliegen, müssen Schutzvorrichtungen vorgesehen werden. Diese schalten die HF-Leistungszufuhr bei Auftreten von Überschlüssen sofort ab. Damit werden Beschädigungen der Elektroden und der Fügeteile vermieden.

3.1.7 Aufgabenbezogene Zusatzeinrichtungen

Die HF-Schweißmaschinen werden entsprechend der jeweiligen Aufgabenstellung mit Einfach- Doppel- oder Etagenschiebetisch, Drehtisch oder Vorschubanlagen als Beschickungseinrichtungen ausgerüstet.