Fischer Kunststoff-Schweißtechnik GmbH
Tel.: 05657/913021 | Fax: 05657/8265 | info@fischer-st.de | www.fischer-st.de

Unsere Zirkular- Schweißprozess-Chronik, von der Idee in den Markt, zum Nutzen der Kunden und der dieser Idee entstandenen Arbeitsplätze, mit deren „Anhang“ und dem Beitrag für das Steueraufkommen von Gemeinde, Land und Staat.

Anlässlich unseres inzwischen fast 27-jährigem Bestehen in 2020, möchten wir die Jahre der Entwicklung, Herstellung, Markteinführung und Weiterentwicklung eines neuen Schweißprozess, der die Gründungsgrundlage war, chronologisch darstellen.

Inzwischen ist das Gründungsjahr mehr als 25 Jahre her, wir berichten heute erst, weil unsere Kunden infolge der hoffentlich bald überstandenen Krise bisher andere Probleme hatten, als sich über mögliche Investitionen zu befassen.
Gerade Junior-Projektmanagern möchten wir diese Chronik widmen, um unser und das Branchenwissen für Ihre zukünftigen Projekte nutzbar zu halten.

Wie alles, hat auch die Entwicklung der Zirkularkinematik zum Reibschweißen eine Vorgeschichte.
Der Firmengründer Willi Fischer hat damals in einem namhaften Zulieferkonzern von Interieur-Formteilen mit eigenem Maschinen- und Anlagenbau als Konstruktionsleiter die Freigabe erhalten, mit Kollegen einen kleines lineares Reibschweißmodul zu entwickeln, das später in Schweißwerkzeugen, anstelle der bis dahin und auch heute üblichen linearen Vibrationsschweißmaschinen eines namhaften US-Herstellers eingesetzt werden könnte.
Die 3D-Formen in Seitenverkleidungen machen beim linearen Schweißen von Spritzteilen (Retainern) mit einer einheitlichen Schwingrichtung manchmal mehr als eine Maschine notwendig, weil gegen die Teileform die Schwingrichtung zum Schweißen nun mal nicht möglich ist.
Ultraschall schied aus, weil die Energieeinleitung auf das Formteil, die darunter liegende Folien- oder Stoffkaschierung durch Anblendungen beschädigt. Deshalb war die Entscheidung für den Prozess Reibschweißen getroffen worden.

Die Entwicklung eines kompakten Reibschweißkopfs ohne Federmasse-System war unser Ziel, um von Feder-Resonanzfrequenzen unabhängig und leichter bauen zu können.
Infolge der sehr hohen Massenbeschleunigungen in der Richtungsumkehr bei hoher Frequenz, entstehen entsprechend hohe Stoßkräfte, die aufgefangen und gedämpft werden müssen.
Es zeigte sich nach Versuchen, dass dieser Aufwand zu hoch ist und man mit wenig Verschleiß nicht über 100 Hz arbeiten kann.
Das hat die Einsatzbreite doch sehr eingeschränkt, weil wir auch bis 200 Hz arbeiten wollten, um sich auf unterschiedlichste Materialien einstellen zu können.
Während 5-jähriger Nebenbei-Entwicklungsarbeit an dieser Lösung und Herstellung zweier Prototypen wurde der Konzern verkauft und dabei der Maschinen- und Anlagenbau aufgelöst. Restbetriebe wurden von Mitarbeitern mittels Buy-out übernommen.

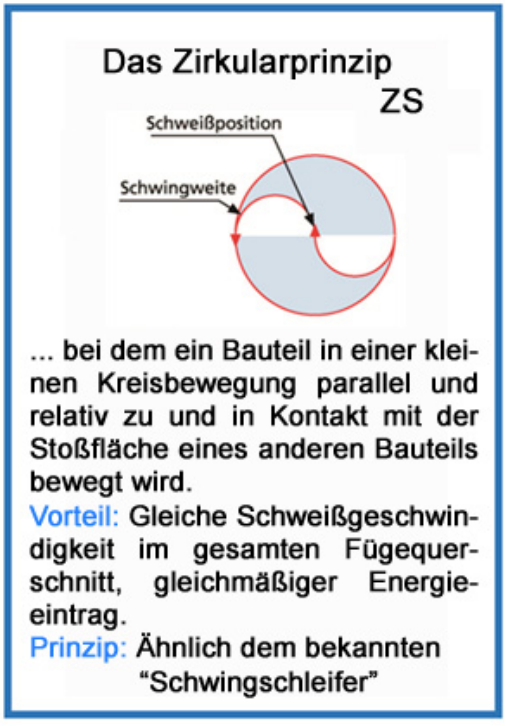
Aus Respekt vor den in Erfahrung gebrachten Umkehr-Massenkräften hat Willi Fischer eine bessere Lösung gesucht, um diese dynamischen Kräfte zu neutralisieren, die er mit Erfindung einer sich selbst, durch Drehmomentänderung verstellenden Spindel, mit exzentrischer Auslenkung gelöst hat.
Fortan sind mit diesem Lösungsansatz keine Stoß- sondern Fliehkräfte wirksam, die das Schwingsystem deutlich weniger belasten, denn es kann ausgewuchtet werden!

Die Umlaufgeschwindigkeit, sprich Schweißgeschwindigkeit bleibt konstant, was natürlich enorme Möglichkeiten beim Präzisionsschweißen bietet.
Zudem ist durch das motorische Antriebssystem die Drehzahl exakt regelbar, was hier die Schweißfrequenz beim Schweißen betrifft.
Schon ab der ersten Labormaschine in 1996 wurde für universale Zwecke der Antrieb bis 300 Hz ausgelegt, die bis heute eingesetzt wird, um die Schweißeignungen unterschiedlichster Materialien zu testen.

Das neue Antriebssystem wurde 1994 zum Patent angemeldet und mit Nr. 44 36 857 erteilt.
Unabhängig von diesen speziellen Erfahrungen hat der zuvor erwähnte US-Konzern eine sogenannte Orbitalmaschine auf den Markt gebracht, die nach dem damals bekannten Federmassesystem arbeitet, die Prozessziele sind vermutlich gleich gewesen, eine Alternative zur linearen Mono-Schwingrichtung zu haben.

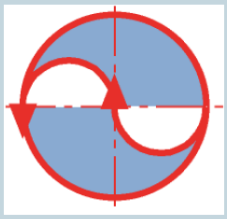
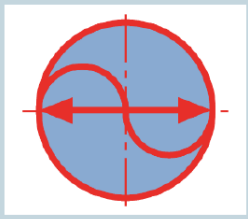
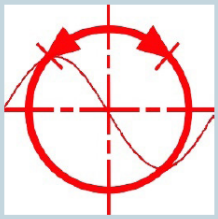
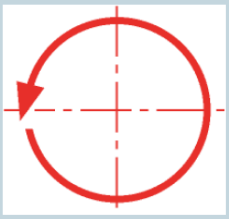
Mit Entwicklung der Kreisschwingung, später Zirkularschweißen benannt, hat Willi Fischer die heutige GmbH gegründet.
Der Name Zirkularschweißen wurde anläßlich eines Konzern- Industrieauftrages, mit der UNI-Paderborn (KTP-Prof. Potente) im Jahr 1995 geboren.
Mit unserem Prototyp wollte man Elektronikgehäuse schweißen, der Prozess Ultraschall schied aus, wegen der Elektronikschädigung beim Schweißen.
Dabei besprach man den möglichst zutreffenden geeigneten Prozessnamen, den der Gründer dann beibehielt.

Hier unser einprägsame Kurztext der Zirkularschwingung:



Hier sehen Sie den Vergleich;
Reibschweiß-Schwingkinematiken im derzeitigen Stand der Technik

Tabelle 1: Übersicht über die Reibschweißkinematiken und daraus resultierende Partikelgrößen (IR: Infrarot-Vorwärmung)
Table 1: Overview of the friction welding kinematics and of the particle sizes resulting from them (IR: infrared preheating)

Prozess-Variante process variant	zirkular (ZS) circular (ZS) Kreisvibration circular vibration Amplitude um die Mitte amplitude around the centre	lineare Vibration (VIB) linear vibration (VIB) lineare Vibration in X- oder Y-Richtung linear vibration in the X or Y direction	rotative Vibration (ROV) rotative vibration (ROV) hin und her auf dem Bodensegment to and forth on the bend segment	Rotation (ROT) rotational (ROT) in eine Richtung um die Drehachse in one direction around the rotation axis
				
Eigenheiten peculiarities	X-Y-Schweißkonturen bis 30° in Z-Richtung X Y welding contours up to 30° in the Z direction	Längs- und Querschwingungen longitudinal and transverse vibrations	öffnet weitere Anwendungen opens up further applications	optimiert durch höchste Dynamik optimised due to the highest dynamics

Die ersten Maschinen waren Tischmaschinen mit Zweihandstart und einfachen Zugangs-Schutzelementen.

Abbildung aus 1995, eine der ersten Zirkular-Kleinserienmaschinen ZMT2.
In der Hoffnung auf weitere verkaufbare Stückzahlen, wurden die Gestellteile sofort in stabiler Alu-Gußausführung hergestellt.
Als Prozess-Steuerung diente eine Kompaktsteuerung mit alphanumerischer Eingabe, mit Anzeige der Soll- Istparameter. Bereits mit Toleranzfenster für Schweißwege und Schweißprozessführung Absolut oder Relativ.

Bild ZMT 2 1995:

Bild Zirkularschweißtyp ZMT2 als Tischmaschine, die der Kunde nach dem Namen schon benannt auf ein bei sich passendes Gestell oder Tisch setzt und die mit Zweihandstart betrieben wird.

Nach heutiger Maschinenrichtlinie wäre das eine „unfertige“ Maschine mit entsprechender Bestätigung vom Hersteller.

Bild ZMT2 ohne Steuerung

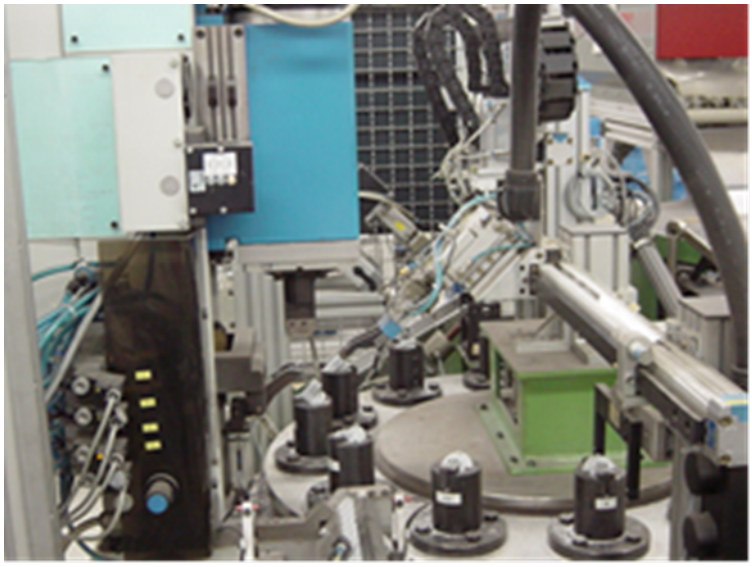
Oft wurden auch schon Einbaumaschinen ZMT2 gewünscht, die der Kunde von seinen Anlagenherstellern integrieren lies.

Abbildung aus 2010, Maschine mit externem Start und Not-Aus Kreis auf Klemmen. Elektrosteuerung am Kabelsatz und verbunden mit der Anlagensteuerung über eine binäre Schnittstelle.
Nach heutiger Maschinenrichtlinien-Definition eine „Unfertige Maschine“.

Fischer Kunststoff-Metall-Schweißtechnik

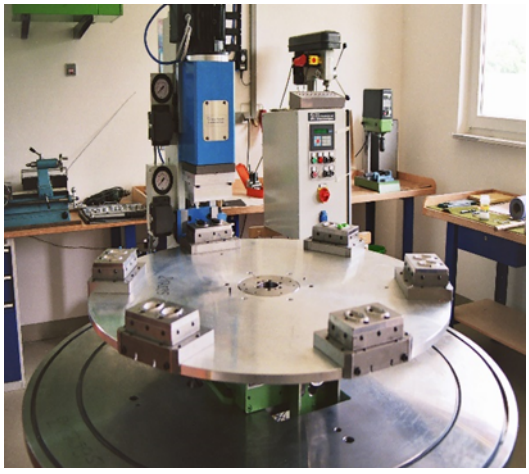
Fischer Kunststoff-Schweißtechnik GmbH

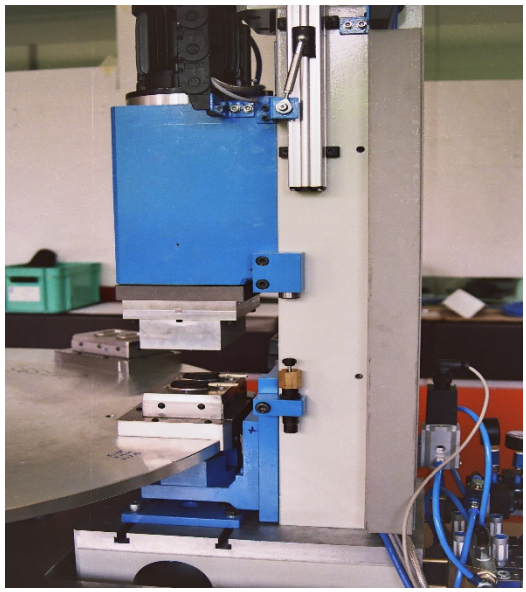
Tel.: 05657/913021 | Fax: 05657/8265 | info@fischer-st.de | www.fischer-st.de



ZMT2 Einbaumaschine als Maschinenstationen in Linear-Taktstrassen oder Rundtischlösungen erlauben das automatische Teilehandling, wie auch man. Teilehandling bei Servicestillständen in der Gesamtanlage.
Abbildung ZMT2 als Rund- und Schwenktischanwendungen für die hochproduktive Serienfertigung.
1999 geliefert für eine Rundtaktautomation, Zulieferindustrie Bereich Lampenfassungen mit Steckergehäuse schweißen.

Maschine ZMT 2 mit 6 fach Rundtisch:





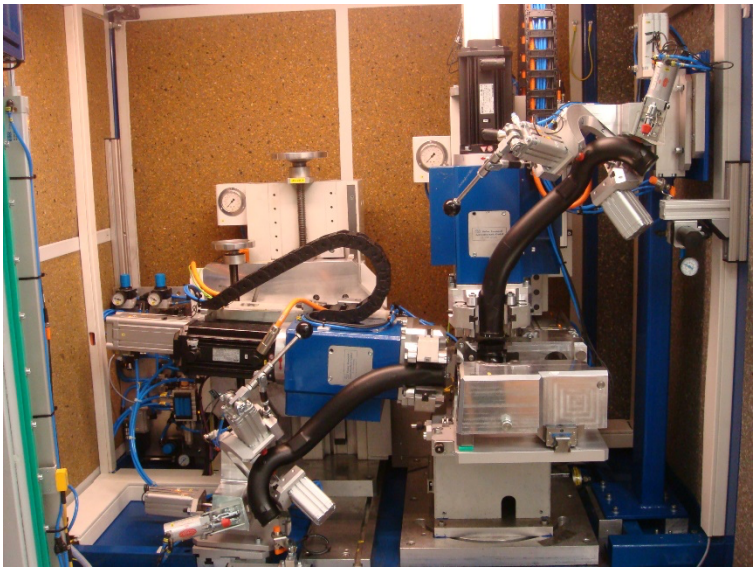
Seit 1998 lieferten wir Einbaumaschinen zum Zirkularschweißen von Funkschlüsseln im Mehrschichtbetrieb, es werden pro Maschine und Jahr bis 2,5 Mio. Teile bei höchster Produktivität produziert. Diese Maschinen werden von uns im vorbeugendem Service regelmäßig gewartet.

Überwiegend sind diese Maschinen in Rundtaktautomaten integriert die neben dem Schweißen noch Prüffunktionen erledigen.

Bild mit 180 ° Schwenktisch für Funkschlüssel:

Ab 2006 wurden bereits Mehrstationenmaschinen entwickelt und verkauft die in einer Aufspannung und in einem Arbeitsgang mehrere Schweißpositionen schweißen, wobei auch andere Prozesse mit integriert werden.
Bei diesen komplexeren Anlagen ist eine autonome Maschine mit Schutzeinrichtungen mit CE-Erklärung die beste Variante für den Betreiber, alles aus einer Hand.

2 – Stationen ZMT 2 für 2 Schweißungen an Saugrohren in einer Aufspannung:



In 2013 wurde in Zusammenarbeit mit einem Flugzeughersteller eine neue Lösung für Halteelemente an Formteile zu schweißen hergestellt und getestet.
Infolge der langen Prozess- Freigabezeiten haben wir uns auch die Verwendung in der Fahrzeugbranche vorbehalten und empfehlen diesen portablen Zirkularschweißmodul unseren Kunden als Alternative bei größeren Flächenteilen oder in Einzelfertigung an Großteilen zur Roboter- oder auch Handführung oftmals kleine Spritzteile anzuschweißen.
Anstelle Bohrbefestigungen oder bei Dichtheitsanforderungen ist das Schweißen besonders effektiv und sicher.

Quelle DVS- Fachbericht

Portables Reibschweißgerät der Fischer Kunststoff-Schweißtechnik
Portable friction welding device from Fischer Kunststoff-Schweißtechnik

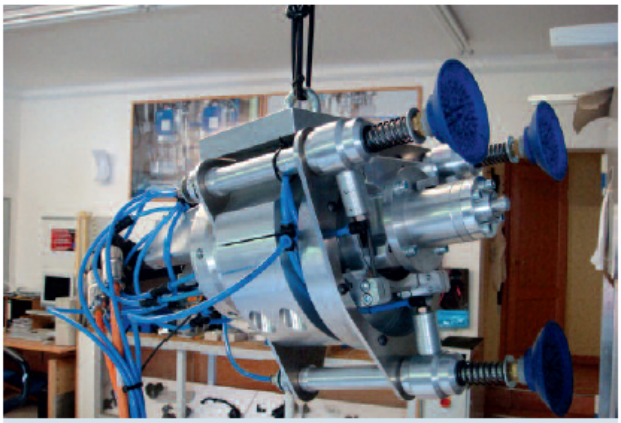


Bild 1: Während die stationäre Maschinen 2 t wiegt, hat das Handschweißgerät im Bild ein Gewicht von etwa 12 kg.

Fig. 1: While the stationary machine weighs 2 t, the manual welding device on the photograph has a weight of approx. 12 kg.

Bild 2: Hier werden Halter an die Airbus-Innenverkleidung angeschweißt.

Fig. 2: Here, holders are being welded on to the interior panelling of the Airbus.

Die Firma Fischer Kunststoff-Schweißtechnik hat ein leicht transportierbares Reibschweißgerät entwickelt, mit dem zirkulargeschweißt werden kann.
Mit dem Gerät können rechteckige technische Teile an Wandelemente oder Rohre angeschweißt werden – auf der Baustelle oder in der Produktion. Das Modul wiegt etwa 12 Kilogramm. Es wird durch einen Arbeiter an die zu schweißende Stelle gehoben. Mit drei Vakuum-Saugern entlastet es dann den Träger. Der Schweißvorgang dauert etwa fünf Sekunden. Das Gerät kann im Kabinen-, Wagon-, Boots-, Luft- und Rauffahrtbau eingesetzt werden. Bei der Aufschweißung von Sensoren, Haltern und Abgängen an Kunststoff-Pipelines ist es ideal, da durch das Zirkularschweißsystem der Radius des Rohrs technisch nicht so bedeutend ist wie beim Rotationsschweißen.
Quelle: Fischer Kunststoff-Schweißtechnik GmbH, Berkatal Frankenhain

Fischer Kunststoff-Schweißtechnik has developed an easy-to-transport friction welding device with which circular welding can be carried out.
The device can be used in order to weld rectangular technical parts on to wall panels or pipes - on the building site or in the production. The module weighs approx. 12 kg. A worker lifts it up to the position to be welded. With three vacuum suction cups, it then reduces the load on the carrier. The welding operation lasts around five seconds. The device can be utilised in cabin, wagon, boat and aerospace construction. It is ideal for welding sensors, holders and outlets on to plastic pipelines since the circular welding system means that the radius of the pipe is not as technically significant as in the case of spin welding.
Source: Fischer Kunststoff-Schweißtechnik GmbH, Berkatal Frankenhain

Eine weitere Prozessinnovation erfolgte ab 2004 durch eine Erfindung mit folgender Patenterteilung zur Regelung der Schwingweite in Abhängigkeit des Schweißweg, um im Prozess Zirkularschweißen neben der Frequenz auch die Schwingamplitude programmiert zu verstellen.
Damit konnte erstmalig die Partikelbildung in der Anreibphase durch "Warmreiben" deutlich reduziert werden, was aber werkstoffabhängig individuell getestet werden muß.
Danach geht die Schmelzebildungsphase wesentlich schneller in die stationäre Schmelzephase über.

Seit dieser Innovation bezeichnen wir auch den Prozess als Zirkular-Reibschmelzen, englisch Circular-melting oder auch Friction-melting.

Bild der Labormaschine:

Baugrößen-Varianten
haben wir durch verschiedene Kundenanforderungen gebildet.
Die Maschine ZMT2 mit einheitlichen Gußteilen ist die Plattform für unsere Maschinenvarianten.

Die Type ZMT1 ist für Technische Teile bis A6-Größe ausgelegt, wobei immer auch ein Produktteil größer sein kann das als unten liegendes Teil auf der Tischfläche im Arbeitsraum positioniert wird.

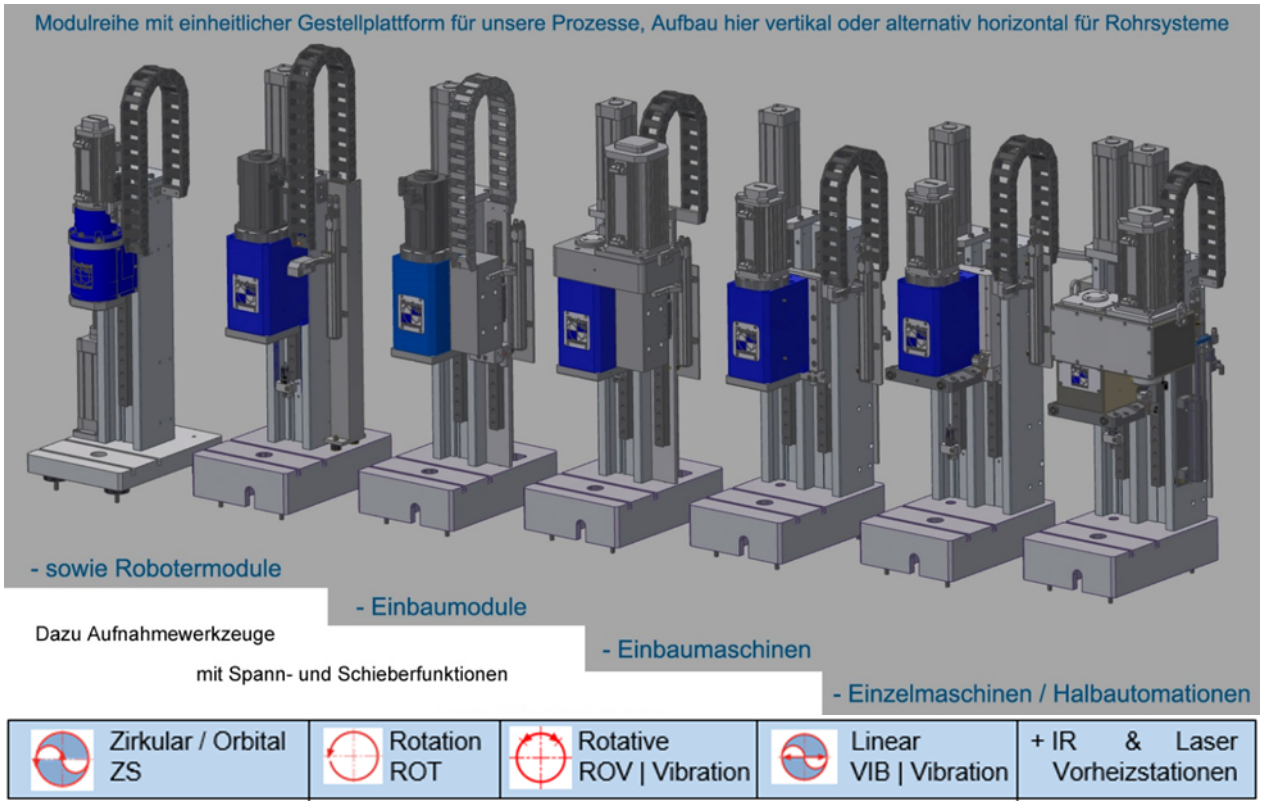
Die heutige Type ZMT2 wurde für das Präzisionsschweißen für elektronische Baugruppen durch eine zusätzliche Führung verstärkt um so Toleranzfenster unter 0,05 mm zu realisieren.

Die Zwischengrößen ZMT2.1 und ZMT2.2 sind für größere, meist längere Teile ausgelegt und haben einen zweiten Maschinenständer und eine vergrößerte parallel geführte Schweißkopfaufnahme.

Neu konzipiert ist eine Type ZMT05 für Kleinteile die den Markt der Ultraschallschweißer anspricht, weil mit unserer sehr kompakten Maschine die Prozessnachteile des US-Schweißen, wie Fernfeldschweißen, Elektronikschädigungen, Schäden bei dünnen Strukturen, Dichtschweißen mit erhöhten Berstdruckanforderungen erfüllt werden können.
Diese Maschinen sind preislich für Spritzgießbetriebe mit Kleinserien sehr interessant, zumal optional alle Fügeaufgaben bis Montagen durchgeführt werden können ohne weitere Stationen zu investieren.

Generell ist jeder Maschinenbetreiber leicht in der Lage für Versuch, Vorserie und Kleinserie die Teilaufnahmen sich selbst herzustellen. Dazu sind nur Basiserfahrungen aus dem Modellbau mit Epoxydharzverarbeitung nötig. Also keine Spezialabstimmung von Schwingkörpern wie es US-Sonotroden erfordern.

Hierzu unsere Maschinenabbildungen aufbauend auf einer einheitlichen Plattform-Baureihe:



Modulares Baukastenprinzip:

- Maschinen angepasst an die Anwendung
- Parameterfindung an die geforderten Anforderungen und das Material
- Dadurch Gewährleistung einer optimalen Prozesstechnik

Fischer Kunststoff-Schweißtechnik GmbH
Tel.: 05657/913021 | Fax: 05657/8265 | info@fischer-st.de | www.fischer-st.de

Die wesentlichen Prozessmerkmale möchten wir hiermit zusammenfassen

Unsere Merkmale:

Unsere Antriebstechnik ist damals weltweit eine neue Lösung: Die programmierbare motorische Servoantriebstechnik, die eine schwingungserzeugende Spindel mit handelsüblichen Wälzlagerungen regelbar in der Frequenz antreibt.
Ein grundsätzlicher Gegensatz zu den sonst üblichen Federmassesystemen mit Magnetantrieben.
Unsere harmonische Zirkularschwingung arbeitet stabil infolge einer Zwangsauslenkung, ohne Über- und Unterschwingen!
Gerade bei begrenzten Arbeitsräumen und Teilen, die beim Schweißen nicht berührt werden dürfen, wäre ein Überschwingen die Fehlerursache 1. Grades!
Zudem kann unsere Antriebstechnik beliebig programmierbar, im Bereich der Motor-Reglerdaten Schwingfrequenzen erzeugen, weil an keine Federcharakteristik gebunden.
Unser gewählter Gestellaufbau ist in der Schließbewegung schneller,
weil wir keinen schwerfälligen Hubtisch von unten haben, sondern einen massearmen schnellen Schweißkopf der von oben arbeitet.
Das spart Nebenzeiten und erhöht die Produktivität!
Außerdem sind Transfersysteme für das unten liegende Produkt vorteilhaft integrierbar.
Mit unseren kompakten schmalen Basismaschinen können mehrere Stationen nebeneinander in Folge angeordnet werden, somit sind auch Mehrmaschinenbedienungen (Mehrstationen) möglich.

Nun zu unserer Prozessführung in der Historie bis heute:
Anfangs haben wir ein HMI mit Textanzeigen und integriertem Rechner mit E/As kompakt als Bediengehäuse eingesetzt, unsere Gen.I Prozesssteuerung.
Diese Lösung war für unsere Kunden aus der Nicht-Automotivbranche voll ausreichend und preiswert.
Bereits Wegschweißen absolut und wegrelativ waren Eingabeparameter, Zeitschweißen war damals Standard.
Wegschweißen war erstmals beim Reibschweißen mit Schwingungen möglich, weil unsere Kinematik infolge der harmonischen Schwingung eine Präzisions-Wegmessung in Auflösung 0,01 nun ermöglichte.

Schon im Jahr 2000 haben wir auf Grafik- Touchbildschirme umgestellt, die mit jedem Schweißprozess eine Schweißgrafik darstellten, aus der gerade die Schmelzebildungsphase zur Beurteilung der gewählten Schweißparameter eine große Hilfe wurde. Damit war unsere Generation II- Prozesssteuerung gekennzeichnet.
Mit dieser SPS-basierten Steuerung haben wir alle programmierbaren Sollwerte mit Toleranzfenster-Überwachungen versehen, womit das Ziel zur maschinellen Nullfehlerproduktion erheblich näher kam. Mit Speicherung der Soll-Istparameter auf Speicherkarten konnte eine Verfolgung mit Identifizierung in der laufenden Produktion ermöglicht werden.

Mit unserer Steuerungsgeneration III haben wir die Service-Flexibilität erheblich gesteigert: Bei Maschinenzyklusänderungen durch neue Werkzeug- oder Produktwechsel kommen oft Aktoren, Endlagen- oder Teilsensoren hinzu oder müssen in einem anderem Zyklus gesteuert werden.

Jedesmal war ein Programmierer- Serviceeinsatz notwendig, selbst nur bei einem Initiator hinzufügen. Man stelle sich das im Ausland oder Übersee an Kosten vor!
Einfach per Modem mit Fernservice ist oft Theorie, der Eingriff in das Maschinenprogramm macht Testläufe erforderlich, die nicht immer so einfach sind.
Die Lösung war über Jahre entstanden und wurde in 2008 erstmals umgesetzt:
Eine Matrixsteuerung mit Visualisierung für beliebige Nebenfunktionen, die nicht in das Basisprogramm Schweißen eingreifen.
Der Betreiber kann nach einer Einweisung selbst Werkzeug- und Teilmeldefunktionen anwählen und im gewünschten Maschinenzyklus bestimmen.
Zudem ist diese Steuerungsgeneration III inzwischen auf S7- 1500 umgestellt und ist der heutige Industriestandard mit optional offener Kommunikation für Industrie 4.0 unserer Kunden.
Die Prozesssteuerung Gen. III ist für alle unsere Prozesse als Basissteuerung gleich und unterscheidet sich nur durch Softwaretools.

Thermoplastische Werkstoffe mit Reibschweißeignung sind in der Serienfertigung überall zu finden.
Probleme gibt es bei unterschiedlichen Schmelztemperaturen oder auch verschiedenen Härtegraden oder unterschiedlichen Füll- und Verstärkungszusätzen.
Selbst weiche Polyurethane von Zahnriemen sind mit Mitnehmern aus PUR bestens zirkular schweißbar.
Wir können auf Sonderwerkstoffe wie PEEK hinweisen, die nach Kundenaussage nur mit unserem Prozess gut schweißbar sind.

Vollelektrische Zirkular-Reibschmelzmaschinen von FKS?
Bereits im Jahr 2013 Haben wir in Zusammenarbeit mit der UNI Kassel, Fachbereich 15 - Maschinenbau, Institut für Werkstofftechnik, FG Kunststofftechnik unter Prof. Heim eine flexible Schweißmaschine mit automatischem Schweißmodulwechsel und elektrischer geregelter Vorschubachse, entwickelt und geliefert.
Im Jahr 2015/16 entwickelten wir mit Hilfe eines Förderprojekt der Hessen-Agentur auf Basis einer Mehrachsmaschine- Fräsmaschine ein flexibles Fügezentrum, das in einer Aufspannung mehrere Schweißungen hintereinander vornimmt und die Schweißprozesse nach Bedarf gewechselt werden können.

Aufbauend auf diesen Erfahrungen haben wir im Jahr 2018 eine Hybrid-Schweißzelle entwickelt und zum Patent angemeldet, die es erlaubt ergänzend oder auch allein mit Infrarot-Wärmequellen vorzuheizen oder nur IR zu schweißen.
Dabei ist das Laserschweißen als integrierter Prozess auch möglich.

Unsere Versuchsreihen und auch Anwendungserfahrungen Zirkular Reibschmelzen mit Vorheizung ermöglichen sauberste, partikelfreie Schweißergebnisse die ein Kunde bewertete als "besser als aus der Spritzmaschine".

Die Prozesszeiten sind deutlich niedriger als beim nur thermisch schweißen, wobei das Verzugsproblem der Einzelteile durch den nachfolgenden Reibprozess deutlich geringer bis gar nicht im Fertigteil vorkommt.
Wir entwickeln mit Partnern derzeit neue IR-Strahlungsquellen, die gerade für kleine bis mittlere technische Teile besser geeignet sind, als gängige Zuliefersysteme.
Gerade in Europa müssen wir uns auf kleinere Serienferigungs-Losgrößen einstellen, was die Anforderung Nebenzeiten zu reduzieren, überlebensnotwendig macht.

Fischer Kunststoff-Schweißtechnik GmbH

Tel.: 05657/913021 | Fax: 05657/8265 | info@fischer-st.de | www.fischer-st.de

Wir haben ein Kunden-Pilotprojekt entwickelt, das in der Schweißzelle zwei Produkte einer Teilefamilie mit getrennten Werkzeugen, den halbautomatischen Werkzeugwechsel in 2 min. ermöglicht.

Abbildung unserer Hybridmaschine zum partikelarmen Zirkularschweißen, oder auch mit unseren anderen Reibschmelzprozessen ausgestattet.

Abbildung der Messemaschine

Künftig bieten wir unseren Kunden eine Zellenautomation an, die an der Maschine bereitgestellte Werkstücke in Einzelteilen übernimmt und nach dem Fügen die Fertigteile zur Weitergabe übergibt, die Kommunikation mit dem Leitrechner übernimmt unsere Zellenautomation, die ihrerseits zur Schweißmaschine kommuniziert.

Wir hoffen sehr, daß wir mit unserer Zusammenfassung Ihr Interesse geweckt haben.
Unser Labor verfügt über die beschriebenen Prozessmaschinen die wir jederzeit und kurzfristig für unsere Kunden als Dienstleistung bereit stellen.
Konstruktiv beraten wir Sie über den geeigneten Prozess, auch Herstellerübergreifend durch Zusammenarbeit mit Kollegen in unserer Branche.
Bei der Fügenahtgestaltung helfen wir genau so mit 3D-Unterstützung Ihrer Projekt- und Konstruktionsabteilung.

Fischer Kunststoff-Schweißtechnik GmbH